

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2010

Bc. Jan Čech

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra měřicí a řídicí techniky

**Návrh a implementace řídicího systému GE
Fanuc pro výměníkovou stanici**

**Design and Implementation of Control System
GE Fanuc for an Exchanger**

2010

Bc. Jan Čech

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Čech**

Studijní program: N2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 2601T004 Měřicí a řídicí technika

Téma: Návrh a implementace řídicího systému GE Fanuc pro výměňkovou
stanici
Design and Implementation of Control System GE Fanuc for an
Exchanger

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor problematiky měření a výměny tepelné energie.
2. Návrh řídicího systému a zpětnovazebných regulací (funkční analýza, návrh HW ŘS, návrh komunikací, I/O, konfigurace HW).
3. Návrh a realizace řídicí aplikace pro GE Fanuc.
4. Návrh a realizace vizualizační aplikace pro operátorský panel.
5. Zhodnocení výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. KOZIOREK, Jiří - CHROMČÁK, Libor. Logické systémy řízení. Učební text, příklady pro cvičení. VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1490-2.
2. Firemní technická dokumentace k dané problematice na <http://www.gefanuc.com/>.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.**

Datum zadání: 20.11.2009

Datum odevzdání: 07.05.2010



doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Vondrák, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.



.....

Čech Jan

Datum odevzdání diplomové práce: 7. 5. 2010

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu diplomové práce, panu ing. Jiřímu Koziorkovi, Ph.D, za náměty, připomínky a nápady ke zdokonalení této práce.

Zároveň bych rád poděkoval panu Doubkovi a panu Čáchovi z firmy RS2000, s.r.o. za pomoc při tvorbě aplikace pro řídicí systém GE Fanuc. Mé poděkování patří také projektantům firmy Alimoprojekt, s.r.o za poskytnutí interních informací o projektování a tepelné energii.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá návrhem a realizací kompletní technologie (mimo potrubí) pro Předávací Stanici tepla, která bude zásobovat topnou vodou a teplou vodou 456 bytových jednotek v Praze 6 podle přesně definovaných parametrů. Projekt se zabývá monitorováním všech stavů, měřením všech potřebných hodnot a zajištěním regulace těch komponentů technologie, které nemají vlastní autonomní regulační systém. Systém obsahuje mimo pohonů regulačních ventilů také oběhová a cirkulační čerpadla, a solenoidy pro udržování tlaku v systému. Dále se zabývá odstavením části nebo celé technologie při překročení havarijních hodnot. Všechny měřené a požadované hodnoty včetně stavů všech komponentů systému jsou zobrazitelné v terminálu, kterým je možno do systému zpětně zasahovat. Jako řídicí systém je navržen mikrokontrolér GE Fanuc VersaMax 28 a expanzní binární modul. Kromě zajištění všech regulací a monitorování stavů a hodnot musí být také systém schopen komunikovat s dispečinkem prostřednictvím GSM.

Abstract

This graduation thesis is targeted on the project and realization of complete technology (pipelines excluding) for the heat transfer station, which will supply 456 housing units in Praha 6 by heating water and hot water under strictly defined parameters. The project deals with overall monitoring, measuring of all the necessary values and regulation protection of those technological components, which don't have their own autonomous feedback control system. The system contains the actuator mechanism of control valves as well as circulating pumps and solenoids to maintain the pressure in the system. It also deals with the complete or partial shut-down of above-mentioned technology in case of overrun emergency values. All measured and required values and the system components condition are viewable on the terminal. Backward intervention is possible through the terminal. As a control system is designed microcontroller GE Fanuc VersaMax 28 and the binary expansion modulus. The system must be able to ensure overall monitoring and measuring of all necessary values, and communicate with dispatching center through the GSM.

Klíčová slova

Tepelná energie, předávací stanice, výměníková stanice, řídicí systém, GE Fanuc, měření, regulace, řízení, havarijní stavy, poruchy

Keywords

Thermal energy, transfer stations, heat exchange station, the control system, GE Fanuc, measurement, control, management, emergency conditions, failure

Seznam použitých symbolů a zkratk

ČSN – Česká státní norma

DIN - Německá technická norma

EN - Evropská norma

HSC - Vysokorychlostní čítač

HW - Hardware

I/O – (Input/Output) Vstupně / výstupní

IL - Programovací jazyk, založený na principu strukturovaného programového kódu

LD - Grafický jazyk, založený na principu liniových schémat reléové logiky

MaR - Měření a regulace

PD - Proporcionálně derivační (regulace)

PID - Proporcionálně integračně derivační (regulace)

PLC - Programovatelný automat

PS - Předávací stanice

PT - Pražská Teplárenská

PWM - pulzní šířková modulace

RM1 - Rozvaděč měření a regulace

RS - Řídicí systém

SNP - Komunikační standard

SNPX - Komunikační standard

SW – Software

TOS – Technicko-obchodní specifikace

TP - Cirkulační čerpadlo

TPE - Oběhové čerpadlo

TUV - Teplá užitková voda

TV - Teplá voda

ÚT - Ústřední topení

VS - Výměníková stanice

Obsah

1 ÚVOD	1
2 PROBLEMATIKA MĚŘENÍ TEPELNÉ ENERGIE	2
2.1 PODSTATA TEPLA	2
2.2 MĚŘENÍ MNOŽSTVÍ TEPELNÉ ENERGIE A TEPLÉ VODY V ZÚČTOVACÍ JEDNOTCE	3
2.2.1 Objektové měřiče tepla	3
2.2.2 Kapalinové měřiče tepla	4
2.2.3 Elektronický rozdělovač topných nákladů	4
3 PROBLEMATIKA VÝMĚNY TEPELNÉ ENERGIE.....	5
3.1 ZÁSADY A ZPŮSOBY OHŘEVU TEPLÉ VODY.....	5
3.1.1 Způsoby ohřevu TV.....	5
3.2 DIMENZOVÁNÍ ZAŘÍZENÍ PRO OHŘEV VODY PODLE ČSN 06 0320.....	6
3.2.1 Základní parametry	6
3.2.2 Stanovení potřeby TV.....	7
3.2.2.1 Stanovení potřeby u směšovací baterie.....	9
3.2.2.2 Stanovení potřeby v bytech	9
3.2.3 Grafické zobrazení odebíraného objemu TV a dodávky.....	10
3.2.4 Stanovení tepelného výkonu pro ohřev TV	12
3.2.5 Výpočet tepelných výkonů pro ohřev TV a ÚT	13
4 FUNKČNÍ ANALÝZA.....	14
4.1 VYHODNOCENÍ STAVŮ SYSTÉMU.....	14
4.2 ÚLOHY SYSTÉMU	15
4.3 ROZVADĚČOVÁ SKŘÍŇ.....	15
4.4 SCHÉMA ŘÍZENÍ.....	15
4.4.1 Charakteristika řízení.....	15
4.4.2 Charakteristika PD regulátoru.....	17
4.4.3 Ekvitermní regulace.....	18
5 HARDWARE PRO ŘÍDICÍ SYSTÉM.....	19
5.1 VÝPOČET REGULAČNÍCH VENTILŮ	19
5.1.1 Vlastnosti ventilů s havarijní funkcí.....	20
5.1.2 Funkce elektrohydraulického pohonu.....	21
5.2 ČERPADLA OBĚHOVÁ A CÍRKULAČNÍ PRO ÚT A TV	21
5.2.1 Oběhová čerpadla TPE pro ÚT	22
5.2.1.1 Technické parametry čerpadla	22
5.2.2 Cirkulační čerpadla TP pro TV	23
5.2.2.1 Technické parametry čerpadla	23
5.3 SNÍMAČE HAVARIJNÍCH STAVŮ	24
5.3.1 Regulátor teploty kapilárový	24
5.3.2 Regulátor teploty prostorový	25
5.3.3 Regulátor tlaku vlnovcový	25
5.3.4 Detektor zaplavení.....	26
5.4 SNÍMAČE TEPLoty S FREKVENČNÍM VÝSTUPEM.....	27
5.4.1 Vlastnosti teplotních snímačů.....	28
5.4.2 Použité snímače teploty	29
5.5 SNÍMAČE TLAKU	29

5.5.1 Vlastnosti snímače	30
5.5.2 Převodník proudového signálu na signál frekvenční.....	31
5.6 SOLENOIDY DOPOUŠTĚNÍ A ODPOUŠTĚNÍ	31
6 VÝZBROJ ROZVADĚČE	33
6.1 ŘÍDICÍ SYSTÉM	33
6.1.1 GE Fanuc.....	34
6.1.1.1 Vlastnosti	35
6.1.1.2 Stejnoseměrné vstupy.....	35
6.1.1.3 Výstupní relé.....	35
6.1.2 Rozšiřující modul vstupů a výstupů	36
6.2 OPERÁTORSKÝ PANEL DATAPANEL VERSAMAX	37
6.3 JIŠTĚNÍ A SPÍNÁNÍ.....	38
7 NÁVRH I/O	39
8 HARDWAROVÁ KONFIGURACE ŘÍDICÍHO SYSTÉMU	41
9 ŘÍDICÍ PROGRAM SYSTÉMU	42
9.1 VZORKOVACÍ ČASY	42
9.2 RYCHLÉ A POMALÉ VSTUPY	43
9.3 REGULACE TV	44
9.4 REGULACE ÚT	49
9.5 ČERPADLA ÚT	53
9.6 ČERPADLA TV	54
9.7 REGULACE TLAKU SYSTÉMU	54
9.8 ČAS SYSTÉMU	56
9.9 PORUCHY	58
10 PŘENOS DAT Z GE FANUC NA DISPEČINK	60
11 DATAPANEL	61
ZÁVĚR.....	64
POUŽITÁ LITERATURA	66
SEZNAM PŘÍLOH.....	69

1. Úvod

Obsahem této diplomové práce je rozbor problematiky měření a předávání tepelné energie a projekt kompletní obnovy předávací stanice voda / voda představující zdroj topného média pro vytápění objektů a výrobu teplé vody v Praze 6 - Břevnov. Hlavním předpokladem úspěšného zvládnutí projektu je analýza všech problémů, rizik a požadavků na daný systém a na jejím základě je potřeba zjistit nejvhodnější způsob řešení daných požadavků na řídicí systém. Prioritním cílem projektu je nalézt a zrealizovat nejvhodnější způsob měření proměnných veličin a na jejich základě vytvořit regulace pro regulování teploty topné vody a teplé vody pro 456 bytových jednotek. Řídicí systém bude obsahovat mj. systém reálného času, ekvitermní regulaci, útlumy a vyhodnocení poruch. Součástí obsahu projektu je vytvoření softwaru pro terminál, jež bude zobrazovat veškeré důležité proměnné v systému a pomocí kterého může obsluha zasahovat do systému a měnit jeho parametry. Poslední částí projektu je zajištění bezchybné komunikace mezi RS a dispečinkem prostřednictvím GSM. Projekt je zpracován s návrhem systému Fanuc VersaMax rozšířený o přídatný modul a terminál. Tyto prvky jsou součástí rozvaděče, který je třeba taktéž navrhnout.

2. Problematika měření tepelné energie

Problematika měření spotřeby energie, dodávané uživateli soustředěnou přenosovou cestou a spotřebovanou výhradně určeným uživatelem, např. voda, elektřina nebo plyn, je v současnosti řešena vyhovujícími technickými prostředky. Jiná situace je v měření tepelné energie potřebné pro úpravu životních podmínek, tedy pro vytápění budov. Z hlediska fyzikální podstaty šíření tepla v reálných podmínkách bytových domů, nelze zamezit částečnému využití dodané tepelné energie jiným uživatelem než kterému je původně určena a u kterého je prováděno měření. Při obvyklém rozdílu teplot na dělicí stěně sousedních uživatelů není prostup tepla zanedbatelný. Mimoto v obytném domě nejsou všechny byty stejně náročné na spotřebu tepla, i když ostatní atributy stejné jsou. Tyto rozdíly lze sice korigovat odhadovými koeficienty pro rozpočet společných nákladů, při růstu ceny tepla však nejistota stanovení správné platby nabývá významných finančních částek. Z těchto důvodů se vyvinul názor, že nejspravedlivější a také nejjednodušší je přejít na hodnocení poskytnuté služby tj. dosažení měřitelného stupně tepelné pohody. Touto metodou je bezesporu integrace teplotního rozdílu vnitřní a venkovní teploty (metoda denostupňů). Největší předností metody je, že hodnotí dosažený stav, tj. tepelnou pohodu, současně ve vztahu k nákladům a zohledňuje úměrnost ceny teploty v bytě z rozdílu vnitřní a venkovní teploty. Podmínkou je ovšem stálost uspořádání vnějšího pláště budovy. [2]

2.1. Podstata tepla

Podle kinetické teorie se při tepelné výměně předává energie neuspořádaného pohybu částic, z nichž se skládá jak systém teplo odevzdávající, tak systém teplo přijímající. Zejména u látek v kondenzovaném stavu je nutno uvažovat vedle kinetické energie částic i energii jejich vzájemných interakcí a vazeb. Tepelná výměna nemusí být spojena se změnou teploty - hovoříme pak o latentním teple.

Tepelná výměna přímo nesouvisí s předáváním částic mezi systémy, změnou jejich chemické podstaty, ani změnami pohybového stavu systémů či "vnější" potenciální energie systémů. Změny tepla mohou být sice formálně ekvivalentní určité mechanické práci nebo kinetické energii částic (vibrační, translační, rotační), atp., nejsou však s nimi identické a fyzikálně se od nich fundamentálně liší. Tento rozdíl se zvláště názorně projevuje ve spektroskopii. [3]

Teplo je míra změny vnitřní energie systému při styku s jiným systémem, aniž by přitom docházelo ke konání práce. [3]

2.2. Měření množství tepelné energie a TV v zúčtovací jednotce

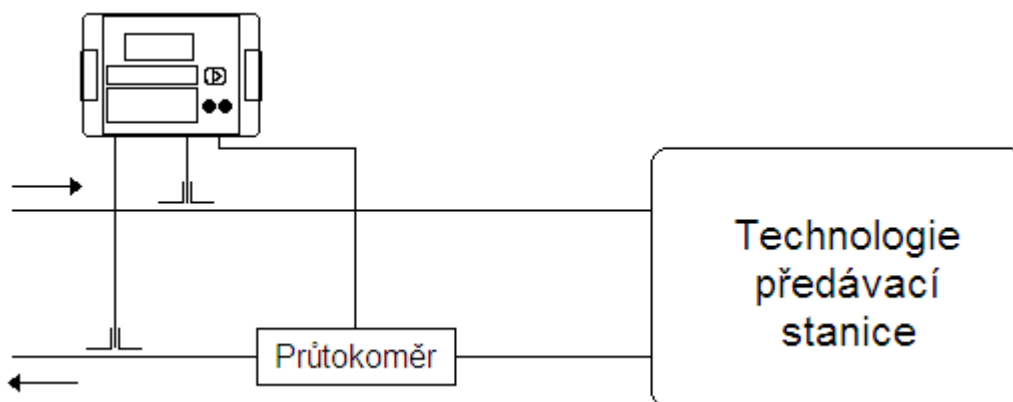
Stanovení množství tepelné energie v případě její výroby uvnitř zúčtovací jednotky se provádí měřením v kotelně nebo zjišťováním množství spotřebovaného paliva a výpočtem z množství paliva jeho průměrné hřejivosti a účinnosti zdroje. Měření množství teplé vody připravované v zúčtovací jednotce se provádí měřením množství vody na vstupu do ohřívače. Spotřeba teplé vody u konečných spotřebitelů se vyhodnocuje na základě osazení a odečítání spotřebitelských vodoměrů, pokud jsou instalovány. Stanovení množství teplé vody v zúčtovací jednotce se v bytové a nebytové budově provádí:

- V případě, že je teplá voda připravována v předávací stanici umístěné v budově, měřením množství tepelné energie na vstupu do ohřívače teplé vody, případně jeho stanovením ze spotřeby mimo otopné období.
- V případě přípravy teplé vody ve zdroji tepelné energie (kotelně) umístěném v budově může být měření tepelné energie nahrazeno stanovením množství paliva na její přípravu (např. podle spotřeby mimo otopné období), případně použitím vzájemného podílu spotřeby tepelné energie na přípravu teplé vody 40 % a na vytápění 60 %.

Měřicí a indikační technika, uplatněná u spotřebitelů v zúčtovací jednotce, se instaluje u všech spotřebitelů a je shodného principu a provedení. [5]

2.2.1. Objektové měřiče tepla

Objektové (patní) měřiče tepla slouží k absolutnímu měření tepla předávaného vodou. Slouží jako fakturační měřidla pro uzavřené teplovodní systémy. Měřiče tepla ve vodě měří a registrují množství tepla v topné vodě výpočtem v kalorimetrickém počítadle z naměřeného průtoku topné vody a rozdílu teplot vody v přívodním a vratném potrubí. Měřiče tepla se skládají z ultrazvukového průtokoměru, párových odporových snímačů teploty a vyhodnocovací elektroniky. [6]



Obr. 2.1 Zapojení kalorimetru

2.2.2. Kapalinové měřiče tepla

Kapalinové poměrové měřiče tepla fungují na principu odpařování speciálně obarvené kapaliny, která je zdravotně nezávadná. Rychlost odpařování kapaliny je závislá na teplotě topného tělesa. Přesně definovanou vazbu a přenos tepla zprostředkuje opět hliníkový teplotní můstek. Čím více tepla se převede tímto můstkem, tím více se odpaří příslušné kapaliny. Na trubičce s kapalinou je nadefinována stupnice, která umožňuje odečet množství odpařené kapaliny. Po provedení odečtu se trubička s kapalinou mění za novou trubičku, která obsahuje většinou kapalinu s jinou barvou. Tento způsob měření je nejvhodnější tam, kde teplota vstupního média neklesne pod 60 °C. [6]

2.2.3. Elektronický rozdělovač topných nákladů

Na topné těleso se namontuje podle určených pravidel tepelný můstek z hliníkové slitiny, který zaručuje teplotní vazbu na topné těleso. Na teplotní můstek je připojen jeden snímač povrchové teploty topného tělesa. Druhý snímač teploty měří okamžitou teplotu okolního prostoru. Naměřené teploty jsou předávány ke zpracování integrovanému mikroprocesoru. Takto zaznamenané hodnoty jsou mikroprocesorem přepočítány a vyhodnocovány. Všechny sledované hodnoty (impulsy) jsou zobrazeny na polyfunkčním displeji. Optický displej se používá pro automatický odečet naměřených hodnot a dále zaznamenává a ukládá nastavené sledované hodnoty (celkový počet impulsů, měsíční stav, roční stav impulsů, apod.). Tento systém poměrového měření je velmi přesný a je použitelný i u nízkoteplotních topných soustav. [6]

3. Problematika výměny tepelné energie.

3.1. Zásady a způsoby ohřevu teplé vody

Zařízení pro ohřívání vody má být navrženo a vybaveno tak, aby teplota TV v místě odběru (na výtoku u uživatele v objektech) dosahovala teploty 50 až 55 °C, výjimečně 45 až 60 °C. Jinou teplotu TV je možno volit se zdůvodněním, zejména u technologických odběrů. Běžně se požaduje, aby TV byla dodávána nejméně v době od 6 do 22 hodin. Připravuje-li se TV centrálně, pak by na výstupu z místa této přípravy měla mít teplotu 55 až 60 °C. Zařízení pro ohřívání vody musí být navrženo a provedeno tak, aby bylo přístupné pro obsluhu a bylo snadno čistitelné a jednotlivé části byly snadno vyměnitelné. Zároveň, aby mohla být kontrolovatelná bezpečnostní výstroj. Nejvyšší přetlak, který může být při provozu zařízení dosažen v jednotlivých částech zařízení (ohříváče, nádoby, rozvody a armatury) na straně teplonosné látky nebo na straně ohříváné vody, nesmí překročit nejvyšší dovolený provozní přetlak, vyznačený na štítku ohříváče nebo zásobníku nebo uvedený výrobcí, případně dodavateli jednotlivých prvků zařízení. Z hlediska zvýšení hospodárnosti při ohřevu a rozvodu TV se doporučuje místo ohřevu volit co nejblíže ke konečnému spotřebiteli a dávat přednost ohřívání místnímu před ohříváním ústředním.

Prostor, ve kterém je umístěno zařízení pro ústřední ohřev TV, musí být zabezpečen proti překročení teploty v prostoru a zaplavení prostoru. Jakost TV stanoví vyhláška č. 252/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů, např. vyhlášky č. 187/2005 Sb.

Pro zamezení poklesu teploty vody u uživatele pod výše uvedenou hodnotu teploty je nutné navrhnout cirkulaci teplé vody nebo jiné technické opatření, např. elektroohřev vody v potrubí. Cirkulace bývá zpravidla nucená. U zařízení s vícestupňovým ohřevem se připojuje cirkulační potrubí za první nebo vyšší stupeň. Návrh cirkulačního potrubí se provádí podle ČSN 73 6655. Pokud je dodávka TV časově vymezená, musí být v době přestávky, v dodávce TV, automaticky vypínáno čerpadlo cirkulace. Při přestávkách v dodávce vody delší než 8 hodin se doporučuje přerušit ohřev vody. [4]

3.1.1. Způsoby ohřevu TV

Příprava TV má řadu variant, podle místa, konstrukce, zdroje a jeho parametrů, tlaku, přeměny energie a paliva atd.

Ohřívání vody se člení:

- a. podle způsobu předání tepla na:
 - ohřívání s přímým předáním tepla, při němž se ohřívání děje směřováním vody s vodní parou, popř. horkou i teplou vodou,
 - ohřívání s nepřímým předáním tepla, při němž se ohřívání děje prostupem tepla dělicí stěnou,

- b. podle místa ohřevu na:
 - ohřívání místní, při němž se ohřívá voda v místě odběru, zpravidla pro jeden, případně pro více výtoků,
 - ohřívání ústřední, při němž se voda ohřívá v domovní i okrskové kotelně nebo v domovní úpravně parametrů,
- c. podle konstrukce zařízení na:
 - ohřívání zásobníkové (akumulační), při němž se ohřívá voda do zásoby k vyrovnání množství ohřáté a odebírané TV během určitého časového období,
 - ohřívání průtokové, při němž se voda ohřívá v průtokovém ohříváči pouze při jejím průtoku,
 - ohřívání smíšené, kde ohřívání průtokové je doplněné zásobníkem TV pro pokrytí krátkodobých odběrových špiček, nepřesahujících zpravidla rozmezí 20 až 60 minut,
- d. podle možnosti ohřevu z různých zdrojů tepla na:
 - ohřívání jednoduché, při němž je teplo dodáváno z jednoho zdroje tepla,
 - ohřívání kombinované, při němž může být voda v jednom a téže ohříváči ohřívána různými zdroji tepla, např. horkou vodou a elektrickým proudem,
- e. podle provozního tlaku zařízení na:
 - beztlakové,
 - tlakové.

Ohřívání vody se provádí:

- a. s přímou přeměnou energie (přímé), kdy teplem paliva, např. plynu, elektrické energie se ohřívá TV nebo v kolektoru, ve kterém se přímo ohřívá TV,
- b. s nepřímou přeměnou energie (nepřímé), kdy teplotonosná látka – voda, pára přenáší teplo od standardních nebo alternativních zdrojů: kotel, výměník, solární kolektor, TČ apod. do ohříváče TV.

3.2. Dimenzování zařízení pro ohřev vody podle ČSN 06 0320

3.2.1. Základní parametry

Okamžitý potřebný tepelný výkon pro ohřev vody se stanoví podle určujících výtoků. V případě, kdy je znám skutečný průběh odběru TV, dimenzuje se zařízení podle tohoto průběhu. Při navrhování a výpočtu dimenzí rozvodů TV uvnitř objektů se postupuje podle ČSN 73 6655 a podle ČSN 73 6660. Veškeré výpočty vycházejí z předpokládané teploty studené vody $\Theta_1 = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a z teploty TV před výtokovou armaturou $\Theta_2 = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při jiných teplotách je nutné informativní údaje v tabulkách korigovat. [7]

Ve výpočtech se používají některé termíny jako:

- | | |
|---|------------------------|
| a. Určující výtok – výtok s největším objemem dávky z výtoku, které mohou být současně v daném místě (byt) v provozu. Určujících výtoků může být v provozní jednotce (v bytě) více. | |
| b. Perioda ohřevu a odběru TV – doba, při které se ohřev a odběr TV periodicky opakuje, např. pro bytový objekt se volí 24 h, pro ostatní stavby se rovná době trvání směny. | |
| c. Teplota | Θ (°C) |
| d. Teplo | Q (kWh) |
| e. Tepelný výkon | ϕ (kW) |
| f. Objemový průtok | U (m ³ /h) |
| g. Objem, potřeba TV | V (m ³) |
| h. Čas, doba | t (h) |
| i. Počet dávek, uživatelů, výtokových zařízení | n (per ⁻¹) |

3.2.2. Stanovení potřeby TV

Možnou potřebu tepla je nutno stanovit v celém řetězci zdroj – rozvody - otopná plocha. [12]

Pro dimenzování zařízení ohřevu vody, tj. pro stanovení velikosti ohříváče a velikosti zásobníku TV se musí nejprve stanovit potřeby TV. Potřeba TV se stanoví pro tři účely použití:

- a. Mytí osob

Potřeba TV pro mytí osob V_0 v dané periodě se stanoví ze vztahu:

$$V_0 = n_i \cdot \sum V_d \quad (\text{m}^3) \quad (3.2.1)$$

$$\sum V_d = \sum (n_d \cdot U_3 \cdot t_d \cdot P_d) \quad (\text{m}^3) \quad (3.2.2)$$

- b. Mytí nádobí

Potřeba TV pro mytí nádobí V_j v periodě se stanoví ze vztahu:

$$V_j = n_j \cdot V_c \quad (\text{m}^3) \quad (3.2.3)$$

- c. Úklid

Potřeba TV pro úklid a mytí podlah V_u v periodě se stanoví ze vztahu:

$$V_u = n_u \cdot V_c \quad (\text{m}^3) \quad (3.2.4)$$

Celková potřeba TV V_{2p} v dané periodě se stanoví ze vztahu:

$$V_{2p} = V_o + V_j + V_u \quad (\text{m}^3) \quad (3.2.5)$$

Kde	V_0 je potřeba TV pro mytí osob v dané periodě	(m^3)
	V_d objem dávky	(m^3)
	V_j potřeba TV pro mytí nádobí v dané periodě	(m^3)
	V_u potřeba TV pro úklid a pro mytí podlah v dané periodě	(m^3)
	V_{2p} celková potřeba TV v dané periodě	(m^3)
	n_j počet jídel	
	n_i počet uživatelů	
	n_d počet dávek	
	n_u počet (výměr) ploch	
	U_3 objemový průtok TV o teplotě Θ_3 do výtoků	(m^3/h)
	t_d doba dávky	(h)
	P_d součinitel prodloužení doby dávky	$(-)$

Velikosti potřeb TV pro jednotlivá použití jsou uvedeny v následující tabulce 3.1 [4]

Tabulka 3.1 - Potřeba TV o teplotě $\Theta_3 = 55\text{ °C}$

Činnost	Doba dávky t_d		Objem dávky v_d		Teplo v dávce Q_2
	s	h	dm^3	m^3	kWh
Mytí osob Umyvadlo $U_3 = 0,14\text{ m}^3/h$					
Mytí rukou	50	0,014	2	0,002	0,10
Mytí těla	260	0,071	10	0,010	0,52
Sprcha $U_3 = 0,23\text{ m}^3/h$	400	0,110	25	0,025	1,32
Vana $U_3 = 0,47\text{ m}^3/h$	300	0,085	40	0,040	2,10
Délka vany 1,6 m	610	0,170	80	0,080	4,20
Mytí nádobí Pouze výdej jídel	$U_3 = 0,30\text{ m}^3/h$ $\Theta_4 = 55\text{ až }80\text{ °C}$		1	0,001	0,05
Vaření a výdej	Na jedno jídlo		2	0,002	0,10
Mytí podlahy a úklid	$U_3 = 0,30\text{ m}^3/h$ $\Theta_4 = 55\text{ °C}$ Na 100 m^2		20	0,020	1,05

3.2.2.1 Stanovení spotřeby u směšovací baterie

Základní parametry pro stanovení potřeb TV jsou velikosti průtoku (objemového průtoku) u jednotlivých výtoků nad zařizovací předměty.

Tabulka 3.2 - Charakteristiky výtoku nad zařizovací předměty

Parametr	Značka	Jednotka	Směšovací baterie			
			Umyvadlo	Dřez	Sprcha	Vana
Teplota na výtoku	Θ_4	°C	40	55 ¹⁾	40	40
Průtok vody o teplotě Θ_4 ve výtoku	U ₄	dm ³ /s	0,06	0,08	0,095	0,20
		m ³ /h	0,21	0,30	0,34	0,70
Průtok vody o teplotě 55°C v přítoku	U ₃	dm ³ /s	0,04	0,08	0,065	0,13
		m ³ /h	0,14	0,30	0,23	0,47
Tepelný výkon přítoku TV	q _v	kW	7,3	15,7-24,4	12,0	24,6

¹⁾Pro sterilizaci nádobí se používá voda o teplotě 70 až 80 °C.

Kde Θ_4 je teplota vody na výtoku z baterie

U₄ objemový průtok smíšené TV se studenou vodou

3.2.2.2 Stanovení potřeby v bytech

Denní potřeba TV v bytech byla změřena v několika českých lokalitách v rozmezí 0,12 až 0,17 m³/den, byt. Maximální průtok TV činil 0,035 až 0,050 m³/h, byt. Spotřeby byly změřeny o nedělích, kdy je spotřeba o 50 % vyšší oproti všedním dnům. Dodávka TV se dělá z centrálních ohřevů pro 100 až 600 bytů. Potřeba TV a množství tepla pro ohřev TV v bytovém objektu, vztažený na jednu osobu a den je uveden v tabulce 3.3. [4]

Tabulka 3.3 - Potřeba TV pro 1 den v bytovém objektu

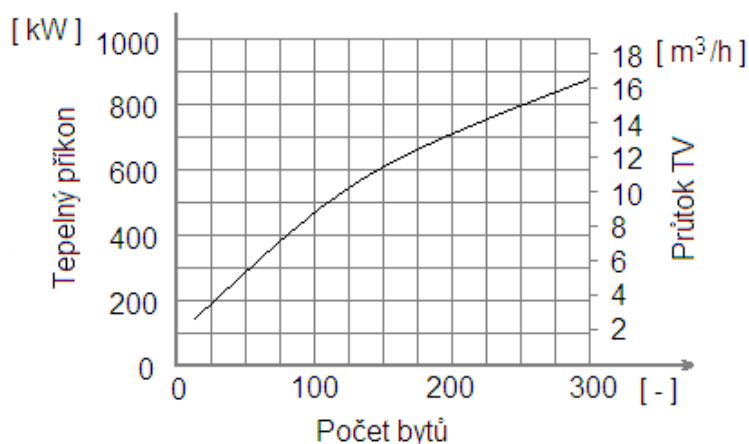
Parametr	Označení	Jednotka	Směšovací baterie			
			Umyvadlo	Dřez	Sprcha	vana
Počet dávek	n _d	-	3	0,8	1	0,3
Objem dávek	V _d	m ³	0,03	0,002	0,025	0,025
Teplo v dávkách	Q _d	kWh	1,5	0,1	1,3	1,4
Σ objemu dávek	V _{2p}	m ³	0,082			
Σ tepla v dávkách	Q _{2t}	kWh	4,3			

V tabulce 3.3 jsou uvedeny počty dávek, jejich objem v m^3 i teplo v dávkách v kWh i součty v denní periodě. Pro bytové objekty je v normě k dispozici vyjádřena současnost odběru TV v závislosti na počtu bytů. Pro počet bytů do 100 je průběh křivky součinitele současnosti strmý a od bytů s počtem vyšším je průběh křivky pozvolný. U bytových objektů s počtem připojených bytů nad 200 je průběh současnosti prakticky konstantní. [8]

Tabulka 3.4 - Součinitel současnosti pro bytové objekty

Počet bytů n_b	10	50	100	150	200	250
Součinitel současnosti s	0,85	0,41	0,28	0,24	0,21	0,20

Podle součinitele současnosti z tabulky 3.4 je sestaveno na obr. 3.1 grafické zobrazení tepelného příkonu v kW a průtočného objemu v m^3 podle počtu bytů.



Obr. 3.1 Tepelný příkon a průtok TV při průtokovém ohřevu v závislosti na počtu bytů

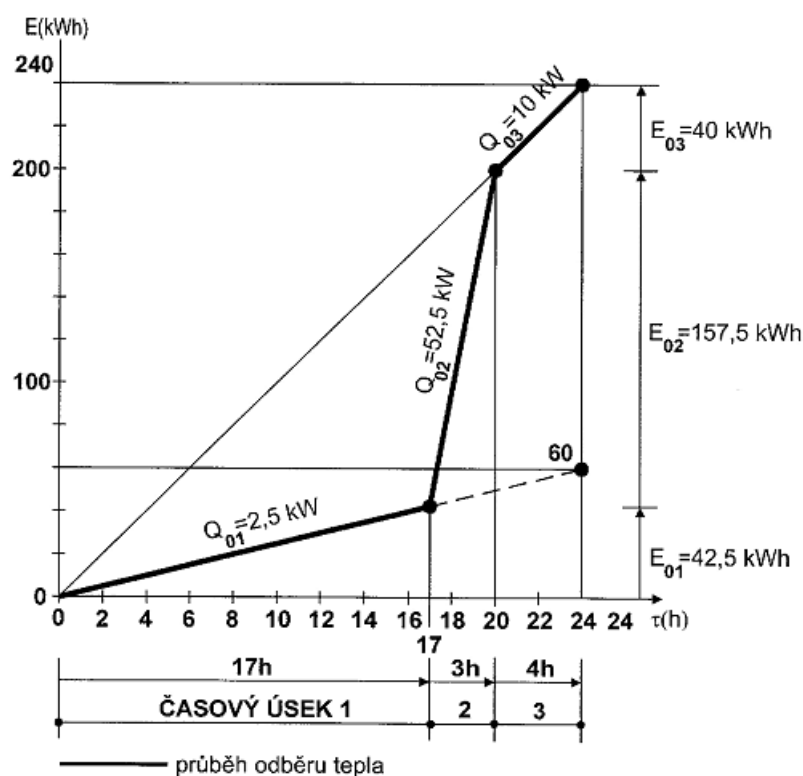
3.2.3. Grafické zobrazení odebíraného objemu TV a dodávky

Pro bytové domy je někdy doporučována odběrová křivka v podobném tvaru, jaký uvádí obr. 3.2. Křivka odběru TV vyjadřuje závislost odebíraného objemu teplé vody V na čase t během periody. Křivka byla upravena tak, aby do stejného denního odběru tepla 240 kWh (jako u obr. 3.2) byl průběh rozdělen na časové úseky (tab. 3.5). Může se také použít standardní křivka odběru udávaná v poměrovém tvaru pro některá typická zařízení.

Na obr. 3.2 je naznačena závislost odběru TV v čase jedné periody, tj. 24 hodin, pro bytový objekt. [1]

Tab. 3.5 - Časové úseky odběru

Časový úsek	V době od/do (h)	Celkem hodin	Výkon Q_0 (kW)	Odběr tepla E_0 (kWh)
1	0 až 17	17	2,5	42,5
2	17 až 20	3	52,5	157,5
3	20 až 24	4	10	40
Celkem	0 až 24	24	-	240



Obr. 3.2 Příklad poměrné křivky odebíraného objemu TV pro bytové objekty

Křivka podobného tvaru může představovat průběh odběru tepla, nahradí-li se u y-ové pořadnice objemový průtok stupnicí tepelného obsahu v kWh. Odběr tepla „ Q_2 “ je na obr. 3.3 vyjádřen spojitou křivkou s tvarovou charakteristikou, obdobnou obr. 3.2. Průběh dodávky tepla „ Q_1 “ je vždy nad křivkou odběru a difference množství tepla $Q_1 - Q_2$, pak vyjadřuje tepelný obsah uložený v zásobníkovém ohřívači TV. Nejčastěji přímkový tvar průběhu dodávky tepla závisí na výkonu zdroje tepla. Na obr. 3.3 je vyznačen průběh dodávky tepla pro zdroj tepla:

- přímkou Q_1^x při nepřetržitém provozu se zásobníkem,
- přerušovanou přímkou Q_1^x při přerušovaném provozu se zásobníkem,
- spojitou křivkou Q_1^x bez zásobníkového ohřívače TV, která kopíruje průběh odběru tepla

Na obr. 3.3 je vyznačen maximální výkon v průběhu odebíraného tepla, který je vyznačen tečnou ke křivce průběhu odebíraného tepla s nejvyšší směrnici.

Jmenovitý tepelný výkon pro průtokový ohřev se stanoví ze vztahu:

$$\Phi_{ln} = \sum (n_v \cdot q_v) \cdot s \quad (\text{kW}) \quad (3.2.7)$$

Kde n_v je počet výtokových zařízení (-)

q_v tepelný výkon přítoku jednoho výtokového zařízení (kW)

s součinitel současnosti (-)

Počet výtokových zařízení a velikost tepelného výkonu se stanoví podle účelu budovy v tabulce 3.1. Součinitel současnosti se stanoví podle tabulky 3.3 [9]

3.2.5. Výpočet tepelných výkonů pro ohřev TV a ÚT

Budeme-li stanovovat tepelný výkon ohřivačů pro TV podle vzorce (3.2.7), tak při počtu 456 bytových jednotek v Praze-6, součiniteli současnosti 0,2 a průměrným tepelným výkonem 8,5 kW bude celkový výkon výměníků 800 kW s rezervou 25 kW. Tepelný výkon pro jednu bytovou jednotku je stanoven na hodnotu 8,5 kW ze zkušeností projektantů Alimoprojektu, spol. s r.o. V závislosti na počtu bytových jednotek, teplotních ztrátách domů, teplotních ztrátách na potrubí a lokalitě se teplotní výkon může pohybovat v rozmezí 8 až 10 kW.

Pro stanovení hodnoty teplotního výkonu ohřivačů pro ÚT se postupuje obdobně jako u výpočtu pro TV. Součinitel současnosti ve vzorci (3.2.7) se v těchto případech blíží hodnotě 1, proto se ve výpočtech vypouští. Pro tepelný výkon pro jednu bytovou jednotku 5,46 kW, při počtu 456 bytových jednotek je teplotní výkon 2490 kW. Optimální výkonová rezerva činí 130 kW, tak se teplotní výkon dostane na 2520 kW. Hodnota tepelného výkonu 5,46 kW je opět stanovena ze zkušeností projektantů firmy Alimoprojekt, s r.o.

Předávací stanice bude mít celkový tepelný výkon 3,32 MW včetně rezervy 155 kW. Rezerva má za úkol pokrýt případné odběrové špičky a ztráty energie na potrubí.

4. Funkční analýza

Nová předávací stanice (PS) je koncipována jako bezobslužná, vyžadující jen případné údržbářské, kontrolní a revizní činnosti. Snímače havarijních stavů musí být vždy zařazeny do série s havarijním kontaktem z PLC, který reprezentuje softwarové řešení ochrany. PS musí být vybavena členy, které při ztrátě napájení uvedou stanici do bezpečného stavu. Zároveň musí PLC i při dlouhodobém odstavení stanice (beznapěťový stav až 6 měsíců) zajistit bezpečné uložení aplikačního a systémového softwaru. Po obnovení napájení musí být systém schopen zahájit provoz stanoveným způsobem. Je třeba dodržovat aktuálně platné předpisy a doporučení výrobců.

Ohřívání teplé vody zaznamenalo v posledních letech řadu nových technických řešení, technologických systémů i provozních režimů, které přináší racionální, účinný, úsporný ohřev a distribuci teplé vody. Projekt má za cíl, v části regulace a měření, autonomní regulaci ohřevu vody pro okruhy teplé vody a okruhy ústředního topení. Zvolený typ regulace je zde klíčový a bude na něm záviset kvalita regulačního děje. Pro každý okruh je použit jeden regulační ventil s elektrohydraulickým pohonem. Nedílnou součástí regulace bude udržování stabilního tlaku systému okruhu topení. Na okruh ÚT je dále kladen požadavek na řízení dle ekvitemní křivky a možnost dálkové korekce z dispečinku. Řízení se vztahuje také na chod čerpadel oběhových a cirkulačních. Celkem se jedná o 4 čerpadla. Programová výbava PLC musí obsahovat mj. funkce reálného času, časové funkce a útlumové režimy (denní) volitelné uživatelem z terminálu. Terminál připojený k řídicímu systému musí umět zobrazovat hodnoty proměnných v systému a ovládat k němu připojené prvky jako jsou čerpadla a ventily. Dále je kladen důraz na možnost přepisu defaultních hodnot. PLC je třeba připravit na dálkový přenos dat pro komunikaci s dispečinkem. Řešení je třeba přizpůsobit standardům Pražské teplárenské a.s.

4.1. Vyhodnocení stavů systému

Systém musí umět vyhodnocovat poruchové a havarijní stavy a na základě jejich důležitosti musí systém reagovat. Je potřeba definovat možné poruchy. Při havarijních stavech je potřeba uvést stanici do stavu bezpečného.

Havarijní stavy:

- | | |
|-------------------------------------|---|
| a. přetopení TV | Uzavírá havarijní ventil TV |
| b. přetopení ÚT | Uzavírá havarijní ventil ÚT |
| c. přetopení prostoru | Uzavírá oba havarijní ventily |
| d. zaplavení prostoru | Uzavírá oba havarijní ventily |
| e. ztráta tlaku v systému ÚT | Odstavuje okruh ÚT a vypíná čerpadla ÚT |
| f. ztráta tlaku studené vody pro TV | Odstavuje okruh TV a vypíná čerpadla TV |

4.2. Úlohy systému

Pokud předchozí uvedené zesumírujeme, tak systém plní funkce:

- a. Řídící
- b. Monitorovací a kontrolní
- c. Havarijní

4.3. Rozvaděčová skříň

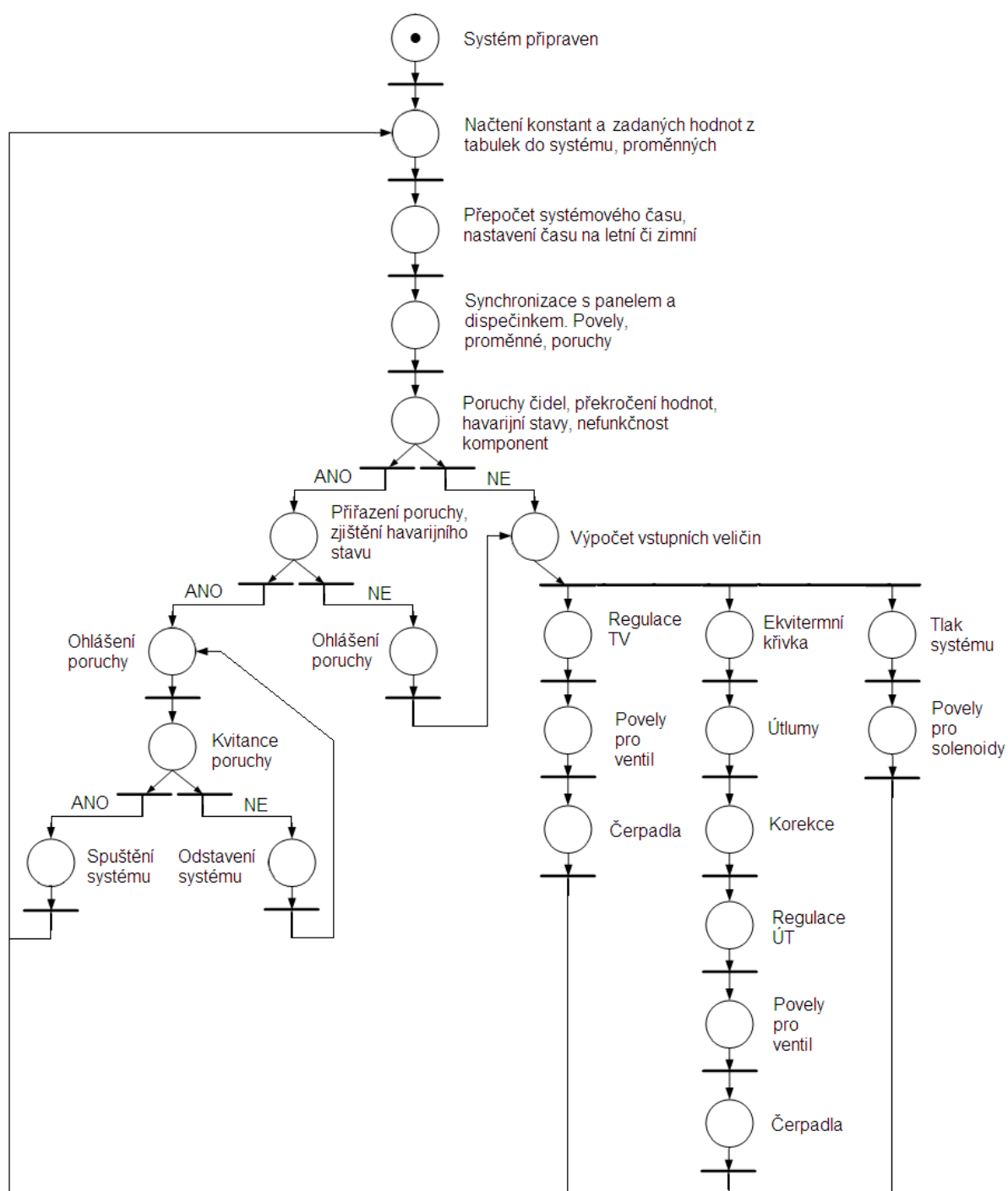
Mimo jiné je třeba navrhnout rozvaděč RM1 s dostačujícím krytím a navrhnout vnitřní rozmístění a zapojení jeho výzbroje. Výzbrojí je myšleno veškeré elektronické vybavení rozvaděče (GE Fanuc s přídatným modulem, operátorský panel, jističe, stykače, motorové spouštěče, pojistky, filtry, převodníky, napájecí zdroje, stabilizátory, vypínač apod.). Rozvaděč RM1 bude oceloplechová skříň s rozměry 800 x 600 x 250 mm opatřená varovnými štítky upozorňující obsluhu o nebezpečích, jež mohou elektrická zařízení způsobit. V rozvaděči musí být nainstalován pro každý měřič spotřeby vlastní jisticí prvek. Budou použity elektronické měřiče tepla s teploměry a ultrazvukovými průtokoměry. Při návrhu je potřeba brát v potaz ochrany proti úrazu elektrickým proudem. Výbava rozvaděče a použité prvky jsou podrobně rozepsány v TOS, která bude v příloze VIII.

4.4. Schéma řízení

V řídicím systému GE fanuc budou použity dvě samostatné regulace. Jedna regulace bude řídit teplotu TV na stanovenou hodnotu 55 °C. Tuto hodnotu lze v určitých mezích měnit. Zastaralé způsoby regulace užívaly jen regulace typu PI (proporcionálně integrační). Tohoto způsobu regulace se využívá dodnes v přeživších systémech Komexterm. Některé typy těchto starších systémů využívají pouze komparátoru k řízení, kde na vstupu je teplota žádaná a teplota v regulovaném systému. Nejvhodnějším způsobem je PD regulace (proporcionálně derivační). Protože děje v této regulaci nejsou tolik rychlé, není potřeba PID regulací. Na obrázku (obr. 4.2) níže je schéma předpokládaného postupu regulace touto metodou.

4.4.1. Charakteristika řízení

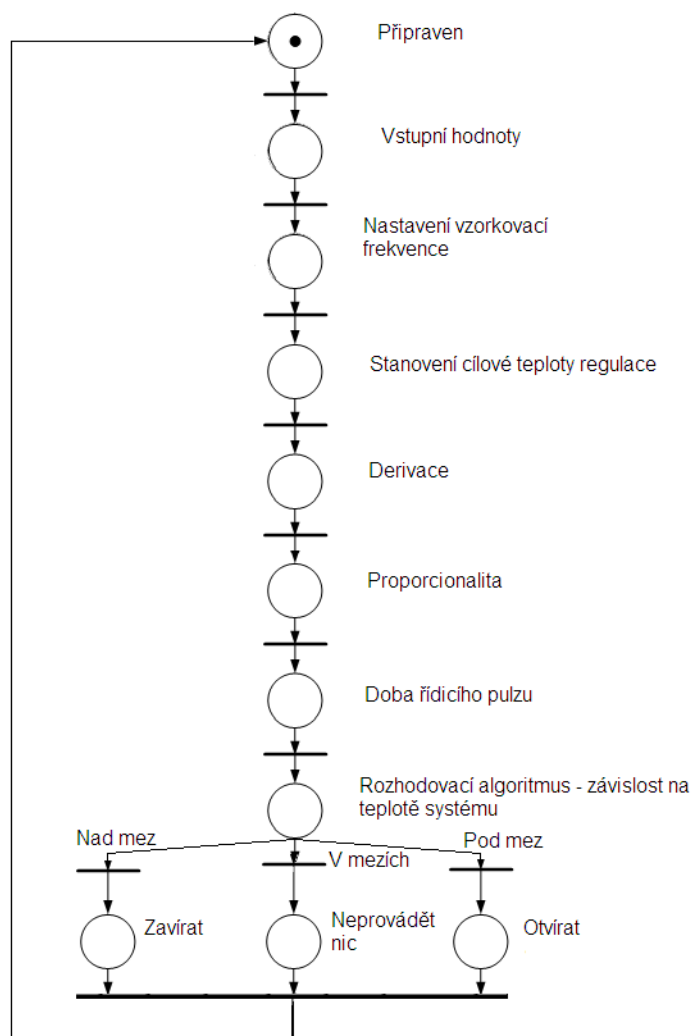
Zjednodušená charakteristika předpokládaného způsobu řízení celého systému včetně funkce monitorovací a havarijní je na následujícím obrázku (obr. 4.1).



Obr. 4.1 Petriho síť – zjednodušená charakteristika celého řízení.

4.4.2. Charakteristika PD regulátoru

Druhá regulace zaměřená na topnou vodu bude řízena taktéž regulátorem PD. Velikost teploty v systému topení není konstantní. Tato hodnota je závislá na aktuální venkovní teplotě na severní straně budovy. Podle předem navolené ekvitermní křivky se převede venkovní teplota na požadovanou hodnotu, kterou ještě může provozovatel Pražská tepleárenská a.s. korigovat v rozmezí 0 – 12 °C. V blokovém diagramu je toto stanovení cílové teploty součástí stanovení cílové teploty regulace.

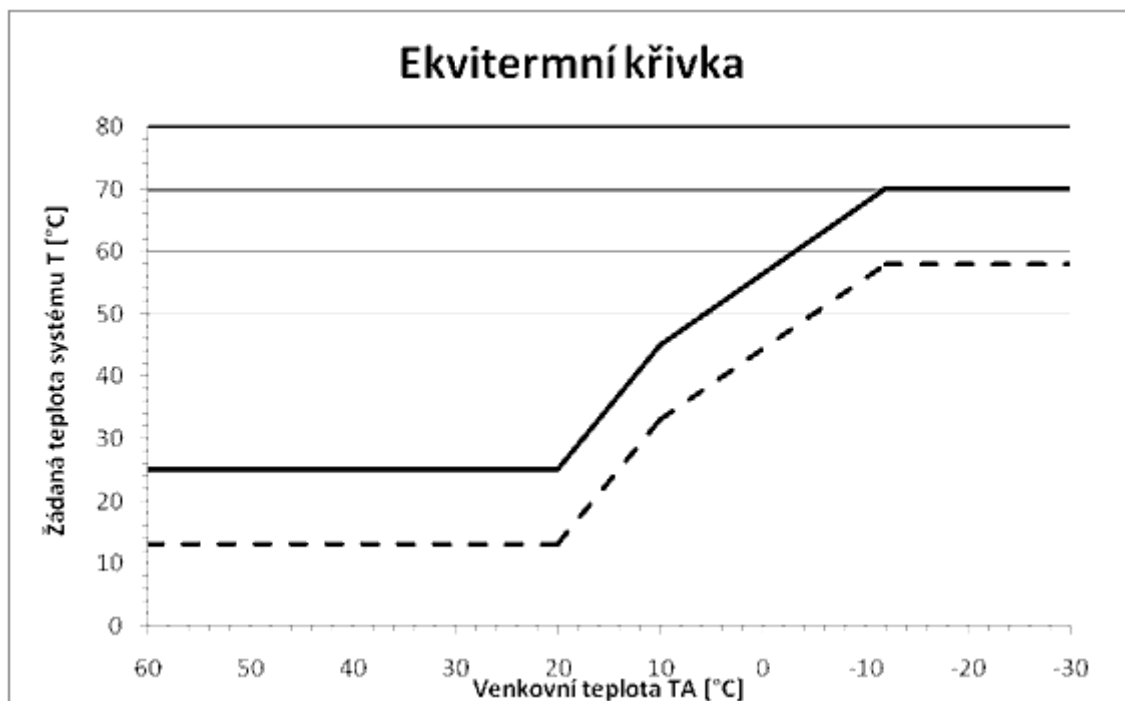


Obr. 4.2 Petriho síť – zjednodušená charakteristika PD regulátoru

4.4.3. Ekvitermní regulace

Ekvitermní regulace, jak bylo zmíněno výše, je závislá na hodnotě venkovní teploty a na hodnotě teplotní korekce Pražské teplárenské a.s. Na následujícím grafu je příklad ekvitermní křivky (plná čára). Podmínkou je, aby bylo možné nastavovat křivku dle aktuální potřeby. Je tedy možné nastavovat sklony a meze. Samozřejmě je nutno brát ohled na následnou efektivitu a ekonomickou stránku takovýchto zásahů do křivky. Čárkovanou čarou v grafu je znázorněn maximální posun křivky, jaký může pro daný příklad udělat provozovatel prostřednictvím dispečinku. Je nutno podotknout to, že od určitých hodnot venkovní teploty nedochází ke změnám požadované teploty topení. Jak je v grafu patrné, tak požadovaná hodnota topné vody je stejná jak při 20 °C tak například při 35 °C a to 25 °C. Toto přizpůsobení slouží pro případ, že by v otopném období byly nějaké teplotní špičky. Obdobné opatření je na druhé straně grafu, kde máme od hodnoty -12 °C konstantní požadovanou teplotu 70 °C. Toto opatření má dva cíle:

- Při extrémních mrazech by mohla žádaná hodnota teploty překročit havarijní teplotu topné vody a stanice by musela být ze zákona odstavena.
- Při vyšších hodnotách topné vody dochází k podstatně vyšším teplotním ztrátám na potrubí. Jedná se tedy o ekonomický aspekt, který ocení pouze zákazník, nikoliv provozovatel.



Obr. 4.3 Ekvitermní křivka

5. Hardware pro řídicí systém

Výběrem hardwarových prvků lze ovlivnit kvalitu celého regulačního děje. Proto je velmi důležité věnovat pozornost každému prvku, jež se na regulaci podílí. Srdcem řídicího systému je mikrokontrolér GE Fanuc VersaMax s rozšiřujícím modulem. Na vstupy jsou připojena čidla jak s rychlým, tak i s pomalým frekvenčním výstupem. Ve stanici jsou snímány teploty a tlak. Dále jsou k systému připojeny kapilárové regulátory teploty, regulátor teploty prostoru, regulátor tlaku vlnovcový s mikrosplínáčem a detektor zaplavení. Nedílnou součástí systémů jsou oběhová a cirkulační čerpadla společně s regulačními ventily s havarijní funkcí a solenoidy dopouštění a odpouštění topné vody v systému.

5.1. Výpočet regulačních ventilů.

Z parametrů kladených zadavatelem, je nutné přepočtem stanovit správný typ regulačních ventilů a jejich elektrohydraulický pohon. Vyrábí se široká škála ventilů a pohonů, ale ne všechny se dají vzájemně zkombinovat. Důležitými a vlastně rozhodujícími parametry jsou zde uzavírací síly a rozměry ventilů.

V následující tabulce jsou zobrazeny parametry, z kterých se vždy vychází při návrhu ventilů.

Tabulka 5.1 - Parametry pro výpočet ventilů a elektropohonů

Okruh regulace	teplotní spády	teplotní rozdíly	Tlak primáru	Tlaková ztráta	kvs	Průměr a tlaková třída
	°C/°C	°C	Mpa	MPa	m ³ /h	mm , bar
Ústřední topení	130/65 ; 80/50	65 ; 30	1,00	0,1	63	DN 80, PN 40
Teplá voda	130/65 ; 80/50	65 ; 30	1,00	0,1	40	DN 65, PN 40

Při návrhu je třeba dbát na správný charakter regulačního ventilu. Závisí na tom správná citlivost regulace. Charakteristika je ovlivněna tvarem tělesa a těsněním v sedle. Pro řízení okruhů ÚT se používají ventily s rovnoprocentní charakteristikou a u TV se nejčastěji používají ventily s charakteristikou parabolickou.

Přepočty, pomocí programu VENTILY od firmy LDM s.r.o., jsem došel k závěru, že pro zadané podmínky se pro správnou regulaci okruhu TV hodí nejvíce dvoucestný - reverzní regulační ventil s označením RV211 HLE 1413 P2 40/140-065 z tvárné litiny a s parabolickou charakteristikou. Požadovaná minimální síla pro ovládání ventilu za daných podmínek je 991N. Jelikož elektrohydraulický pohon se jmenovitou silou 1000N by nemusel stačit, byl zvolen pohon SKB 32.51 se jmenovitou silou 2800N. Tento elektrohydraulický pohon má 3bodové řízení s řídicími signály 230V AC, rozšířený o funkci havarijní. Rychlost otvírání a zavírání pohonu je 10 mm/min.

Při výpočtech pro ÚT nebylo potřeba měnit způsob postupu a stanovení ventilu a pohonu, jež byl naznačen v předchozích odstavcích. Dle parametrů z výše uvedené tabulky a zvolené rovnoprocentní charakteristice tělesa byl nejvhodnější regulační ventil z tvárné litiny s označením RV211 HLH 1413 R2 40/140-080. Tento ventil je možno ovládat za daných podmínek minimálně silou 1200N. Pro tento typ se nejlépe hodí elektrohydraulický pohon s třibodovým řízením a havarijní funkcí SKC 32.61. Jeho jmenovitá síla je 2800N a je ovládám také signály 230V AC. Jeho rychlost otvírat a zavírat ventily je 20 mm/min.

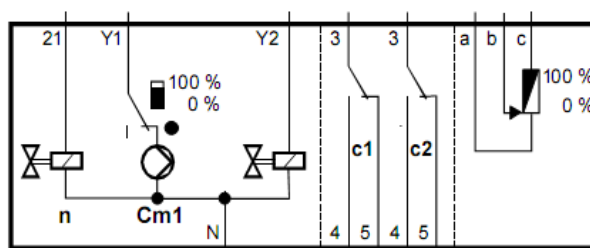
5.1.1. Vlastnosti ventilů s havarijní funkcí

Použité elektrohydraulické pohony s typovým označením SKB32.51 a SKC32.61 byly navrženy pro ovládání přímých a trojcestných ventilů Siemens typové řady VVF, VVG, VXF a VXG se zdvihem 20 mm nebo 40 mm jako regulační a uzavírací ventily hlavně pro termoregulaci (topení, větrání a klimatizace). Tento pohon je použit jak u regulace teplé vody TV, tak pro regulaci topné vody ÚT. Doba pro přestavení ventilu je pro oba směry (otvírání, zavírání) shodná. Havarijní zavření ventilu je mnohonásobně kratší. Pohon je schopen uzavřít ventil do doby kratší než je 8 sekund z plného otevření. Pohony s havarijní funkcí obsahují další solenoidový ventil, který otvírá při výpadku napájecího napětí nebo řídicího signálu na svorce 21. Zpětná pružina přestaví pohon do polohy zdvihu <0 %> a zavře ventil ve shodě s bezpečnostními požadavky stanovenými v předpise DIN 32730 [14]. Napájecí napětí je pro oba typy 230V AC. Maximální příkon pro SKB je výrobcem prezentován na 13W a u SKC je prezentován na 21W. Ovládací síla má 2800N. Tento pohon je řízen 3bodovým řídicím signálem přivedeným na svorky Y1 nebo Y2, který generuje požadovaný zdvih popsáným způsobem:

Napětí na Y1: tlakový válec se vysunuje, ventil otvírá

Napětí na Y2: tlakový válec se zasunuje, ventil zavírá

Y1 a Y2 bez napětí: tlakový válec/vřeteno ventilu zůstávají v příslušné poloze



Obr. 5.1 Vnitřní schéma zapojení pohonu [13]

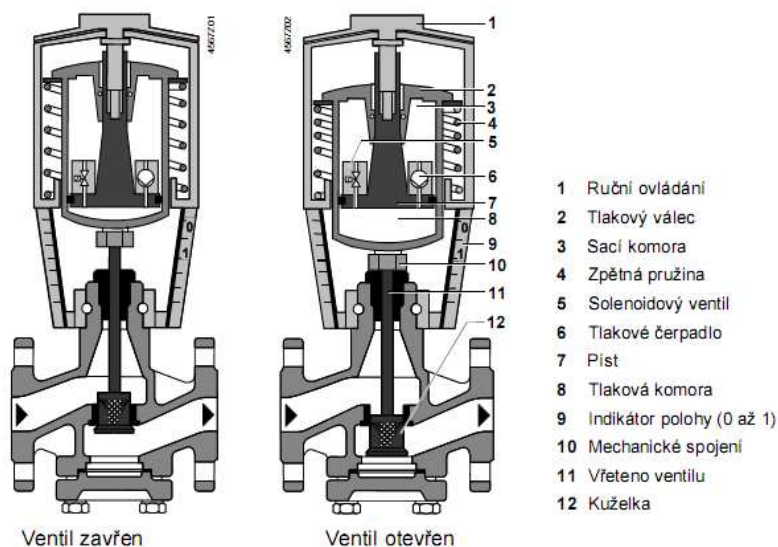
5.1.2. Funkce elektrohydraulického pohonu

Otvírání ventilu:

Tlakové čerpadlo (6) přečerpává olej ze sací komory (3) do tlakové komory (8), čímž se tlakový válec (2) posunuje dolů. Vřeteno ventilu (11) se zasunuje do ventilu a ventil otvírá. Současně je stlačována zpětná pružina (4).

Zavírání ventilu:

Aktivace solenoidového ventilu (5) umožňuje proudění oleje z tlakové komory zpět do sací komory. Stlačená zpětná pružina posunuje tlakový válec nahoru. Vřeteno ventilu se vysouvá z ventilu a ventil zavírá. [15]



Obr. 5.2 Pohon s ventilem [15]

5.2. Čerpadla oběhová a cirkulační pro ÚT a TV

Další významné prvky v regulacích jsou čerpadla, která rozhání topnou a teplou vodu v jednotlivých okruzích systému. Protože se jedná o obrovské systémy, tak jsou v obou okruzích použita vždy dvě čerpadla, pracující paralelně.

Pro regulační okruh ÚT jsem zvolil typ čerpadla od firmy GRUNDFOS a to TPE 80-170/4-S, které bude plnit funkci oběhového čerpadla. V regulačním okruhu TV jsem zvolil čerpadla od stejné firmy s označením PT 80-150/4.

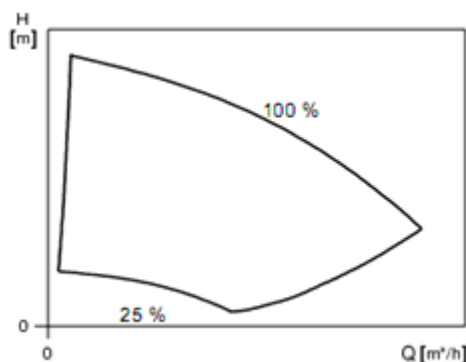
Použitá čerpadla jsou jednostupňová odstředivá čerpadla v uspořádání in-line s motory s elektronickou regulací otáček a mechanickou ucpávkou. Čerpadla jsou v provedení s pevnou spojkou, to znamená, že čerpadlo a motor jsou oddělené jednotky. Proto jsou tato čerpadla oproti obdobným čerpadlům se zapouzdřeným rotorem (tzv. mokroběžná čerpadla) méně citlivá na nečistoty obsažené v čerpané kapalině.

5.2.1. Oběhová čerpadla TPE pro ÚT

Čerpadla firmy Grundfos TPE série 2000 mají integrovaný systém otáčkové regulace, který umožňuje automatické přizpůsobení výkonu čerpadla aktuálním provozním podmínkám. Díky tomu lze udržovat spotřebu elektrické energie na minimální úrovni. Čerpadla TPE série 2000 mohou pracovat ve kterémkoli provozním bodu v rozsahu 25% až 100% svých otáček.

Konstrukce čerpadel TPE série 2000 vychází z konstrukčního řešení čerpadel nižších sérií 200 a 300. Hlavní rozdíl mezi čerpadly TP a čerpadly TPE spočívá v motoru a integrovaném snímači diferenčního tlaku. Motory čerpadel TPE série 2000 mají vestavný frekvenční měnič navržený pro nepřetržitou regulaci tlaku ve vztahu k průtoku. K zajištění naprosté provozní spolehlivosti je možno dodatečně instalovat další snímače.

Svorkovnice obsahuje mimo jiné beznapěťové poruchové relé s přepínacím kontaktem, které je důležité pro detekování poruchy pro řídicí systém. Svorkovnice taktéž obsahuje beznapěťový kontakt pro start a stop čerpadla a možnost externího nastavování požadované hodnoty analogovým signálem 0-5 V, 0-10 V, 0-20 mA, 4.20 mA.



Obr. 5.3 Provozní rozsah čerpadla

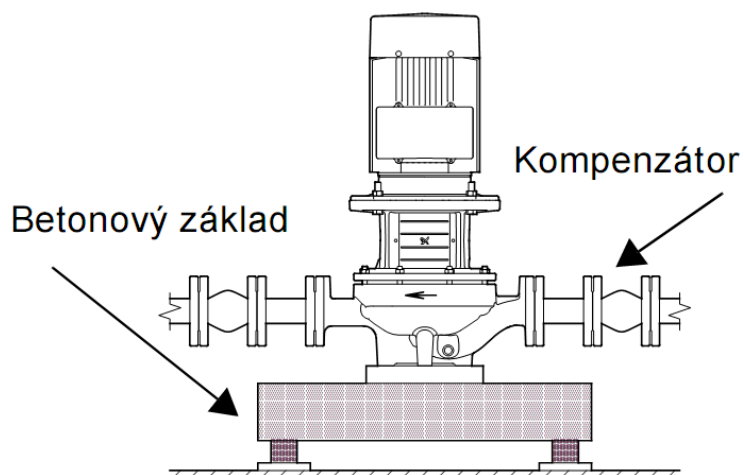
5.2.1.1 Technické parametry čerpadla

U těchto čerpadel je možno použít jak třífázové motory s výkony od 0,55 až 22 kW, tak motory jednofázové s výkony od 0,37 až 1,1 kW. Průtok a dopravní výška je právě závislá na použitém motoru. Každopádně maximální průtok 380 m³/h a maximální dopravní výška čerpané kapaliny je 90 m. Teplota čerpané kapaliny musí být v rozmezí -25 až +140 °C a maximální provozní tlak je 16 barů.

Použitý jmenovitý výkon užitých třífázových motorů pro čerpadla jsou 4 kW. Maximální odebíraný proud je tedy 8,1 A pro přežité třífázové rozvody 380V. Čerpadla mohou být napájena až napětím 480 V, v tomto případě klesne odebíraný proud až k 6,6 A. Při této konfiguraci bude průtok přepravní kapaliny 2 x 67,9 m³/h. Další výhodou tohoto typu čerpadel je jejich jističení. Není potřeba motorového spouštěče, stačí třífázový jistič, který pouze hlídá, není-li čerpadlo ve zkratu.

5.2.2. Cirkulační čerpadla TP pro TV

Tato čerpadla s tělesem z masivní litiny jsou jednostupňová odstředivá bez řídicí elektroniky. Jedná se tedy o klasické čerpadlo středního výkonu. Protože se jedná o čerpadla bez elektroniky, tak je potřeba jejich spouštění a vypínání provádět prostřednictvím stykačů a motorových spouštěčů. Porucha může být detekována zase prostřednictvím pomocných kontaktů připojených na motorových spouštěcích a stykačích, které jsou v sérii. Jestliže dojde k výpadku jednoho z těchto zařízení, tak je detekována chyba. Tato čerpadla nemusí být tak silná jako pro rozhánění topné vody. Typ ucpávky označovaný jako GQQE stanovuje teplotu cirkulované teplé vody do rozmezí -25 až 90 °C.



Obr. 5.4 Cirkulační čerpadlo

5.2.2.1 Technické parametry čerpadla

Toto třífázové čerpadlo se jmenovitým výkonem 3kW si ze sítě může vzít až 7,2 A. Potřebuje proto motorový spouštěč s nastavitelnou hodnotou proudu 6 – 10 A. Je konstruován pro maximální provozní tlak 16 barů. Účinnost při maximálním zatížení je výrobcem garantovaná na 87,4 %. Tato čerpadla nejsou stavěna pro výtlač vody. Maximální dopravní výška je okolo 12,5 metrů. Jmenovitý průtok při maximálním zatížení je 60,2 m³/h. Jedná se o čerpadla navrhnutá právě pro cirkulaci vody.

5.3. Snímače havarijních stavů

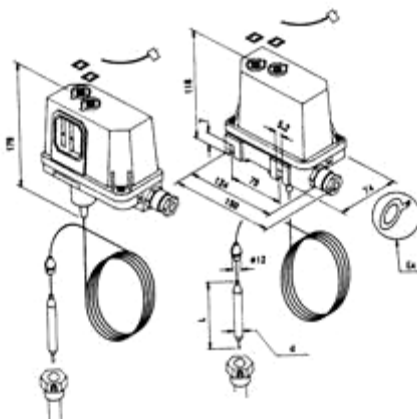
Předávací stanice tepla musí být vybavena technologiemi, které dokážou detekovat havarijní stav, a na jejich základě systém uvede probíhající regulace do bezpečných stavů. Při havarijním stavu mohou být odstaveny jednotlivé větve systému regulace nebo celá stanice. Pro detekci těchto stavů slouží termostaty zavedené do potrubí teplé a topné vody. Dále je monitorován tlak studené vody vstupující do regulace teplé vody. A nakonec je hlídána stanice prostorovým termostatem proti přetopení a detektorem zaplavení.

5.3.1. Regulátor teploty kapilárový

Jsou určeny pro dvoupolohovou regulaci teplot s nastavitelnou hodnotou difference. Je možné je používat nejen v průmyslu. Tyto regulátory jsou schváleny a certifikovány Elektrotechnickým zkušebním ústavem podle norem ČSN, EN, DIN. Stupeň krytí je IP65. Tyto regulátory jsou vyráběny s různými regulačními rozsahy.

- a. Pro okruh ÚT je použit regulátor s rozsahem 70 – 140 °C
- b. Pro okruh TV je použit regulátor s rozsahem 30 – 90 °C

Kritická hodnota teploty pro rozeptnutí je u okruhu TV stanovena zákonem na 65 °C. Pro okruh ÚT je hranice stanovena na hodnotu 95 °C.



Obr. 5.5 Kapilárový regulátor tepla [16]

Hlavní výhodou těchto regulátorů je jejich vlastní umístění mimo regulované médium. Na základě snímané teploty se v kapilárii rozpíná nebo smršťuje kapalina na bázi lihu a ta je kovovou hadičkou přenášena do těla regulátoru, kde je spínán mikrospínač. Mikrospínač má spínací i rozpínací kontakty. Výstupem regulátoru je pouze informace o dosažení teploty - o sepnutí či rozeptnutí.

Protože se jedná o pasivní prvek, lze na vstupní svorkovnici přivést jakékoliv napětí a sledováním výstupní svorkovnice lze okamžitě zjistit, zdali byla dosažena kritická hodnota teploty. Z bezpečnostních důvodů je lepší využívat rozpínací kontakty. Uzavřený obvod nám tak stále signalizuje bezporuchový stav.

V tomto konkrétním případě je na vstup přiváděno stejnosměrné napětí 24V, které je dodáváno z řídicího systému a posíleno stabilizovaným zdrojem napětí. Přes regulátor se obvod uzavírá na digitální vstup mikrokontroléru. Pokud je vše v pořádku, tak je digitální vstup v logické jedničce.

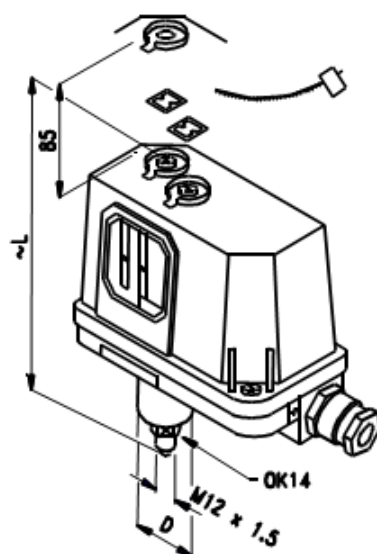
5.3.2. Regulátor teploty prostorový

Tělo tohoto regulátoru je svým atestem, krytím a vzhledem k nerozeznání od kapilárového regulátoru teploty. Princip funkce je taktéž totožný. Rozdíl je v absenci kapiláry a kovové hadičky. Namísto kapiláry je na spodku tělesa mocnější spirála, která opět obsahuje kapalinu na bázi lihu. Prostorové regulátory jsou pouze dvou rozsahů. Je možno použít buď regulátor s rozsahem 0 – 40 °C nebo s rozsahem 20 – 60 °C. Pro předávací stanici v Kusé ulici je možno použít regulátor s rozsahem 20 – 60 °C, protože havarijní teplota přetopení prostoru je stanovena na 45 °C.

Při normálním stavu je přes tento regulátor obvod uzavřen na digitální vstup mikrokontroléru. Bezhavarijní stav je charakteristický logickou jedničkou.

5.3.3. Regulátor tlaku vlnovcový

Regulovaný okruh TV v předávací stanici má kromě hlídání přehřátí také hlídání tlak studené vody. Studená voda je hlídána jednak z důvodu detekce havárie na potrubí i mimo stanici a také pro správnou regulaci. Má-li totiž voda nízký tlak, má zákonitě nízkou rychlost a tak by mohlo dojít navíc k přehřátí okruhu, pokud by byl i přes nízký tlak velký odběr. Při nízkém tlaku nejsou schopna klasická cirkulační čerpadla cirkulovat, když ve sběrném potrubí není žádná voda. Nejsou schopna teplou vodu nasát přes přepad v nejvyšších patrech. Při stálém odběru zákazníci v bytových jednotkách umístěných v nižších patrech nemusí poznat, že došlo k poklesu tlaku. Čerpadla bez elektroniky nebo snímání diferenčního tlaku nejsou schopna detekovat absenci teplé vody v potrubí a reagovat na ni vypnutím. To vede k jejich přehřátí. Proto při takto nízkém tlaku dojde k odpojení cirkulačních čerpadel pro TV.



Obr. 5.6 Vlnovcový regulátor tlaku [17]

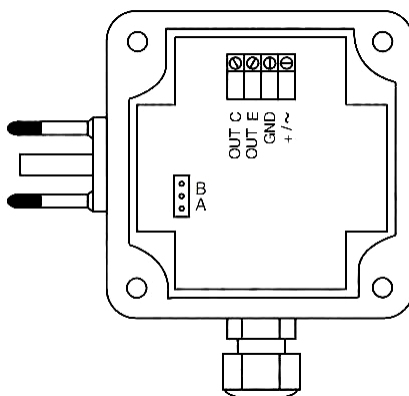
Pro snímání havarijního tlaku studené vody lze použít vlnovcový regulátor tlaku z široké nabídky rozsahů. Kritická hodnota tlaku vody se odvíjí od umístění stanice a od výšky budov, které jsou vodou zásobovány. Obvykle se jedná o hodnotu v rozmezí 300 – 350 kPa. Tlaky v potrubích studené vody se obvykle pohybují v rozmezí 6 až 8 barů. Maximální tlak v potrubí studené vody je téměř vždy menší než 10 barů. Jen výjimečně se hodnota tohoto tlaku pohybuje na této hranici. Pro detekci havarijní hodnoty tlaku, která je pro tuto konkrétní stanici stanovena na 350 kPa, je nejvhodnější regulátor s rozsahem 63 až 630 kPa. Tato hodnota tlaku odpovídá 35 metrům vodního sloupce (0,1 MPa ~ 100 kPa ~ 1 bar).

Pokud je v potrubí tlak vyhovující, tak je vnitřní mikrospínač v regulátoru sepnut a tím je systém informován, že havarijní stav nenastal. Jestliže je obvod rozepnut, je systém povinen uvést stanici do bezpečného stavu. Stanice musí být odstavena.

5.3.4. Detektor zaplavení

Předávací stanice jsou prostory s velkým množstvím vodovodního potrubí, které je pod velkým a stálým tlakem. Teploty v potrubí se v závislosti na ročním období mění, taktéž tlaky a průtoky. Únava materiálu nebo svárů či jiných částí celé technologie se v těchto podmínkách projeví snáz. Pokud dojde k velkému úniku vody, jež nejsou schopné pojmout odvodňovací kanály, je potřeba tento únik detekovat. Právě k detekci těchto úniků slouží snímače zaplavení.

Tyto detektory patří do kategorie vodivostních typů snímačů. Tento snímač je opatřen v dolní části krabičky párem elektrod a při jejich spojení vodivým médiem dochází k aktivaci vybraných výstupů. Tento detektor je možno napájet jak stejnosměrným napětím tak střídavým a na výstupu je jak reléový výstup tak tranzistorový. Je možno nastavit, aby při signalizaci havarijního stavu spínal nebo rozpínal. Aby bylo vždy možno monitorovat tento havarijní stav, musí při spojení elektrod zvolený reléový výstup rozepnout. Při výpadku napájecího napětí relé rozepne.



Obr. 5.7 Detektor zaplavení HS-4 [18]

Výhodou tohoto i výše uvedených způsobu hlídání havarijních stavů je to, že i když dojde k přerušení okruhu hlídání stavu, tak je hlášena porucha. Nesmí totiž nastat situace, aby nějaký havarijní stav nebyl hlídán, nebo nemohl být systémem detekován, jak by tomu bylo v případě, kdyby se použila obrácená logika spínání.

5.4. Snímače teploty s frekvenčním výstupem

V předávací stanici jsou použity dva druhy snímačů tepla, protože jsou místa v systému, kde se mění teplota pomaleji nebo téměř vůbec a naopak jsou místa, kde jsou změny velmi rychlé a na ty je třeba reagovat. Je potřeba rychle snímat měnící se teplotu za výměníky tepla, aby na základě odchylky žádané teploty a naměřené, mohl regulační ventil před výměníkem reagovat a změnit svou polohu a tím řídit průtok výměníkem ohřívacím médiem.

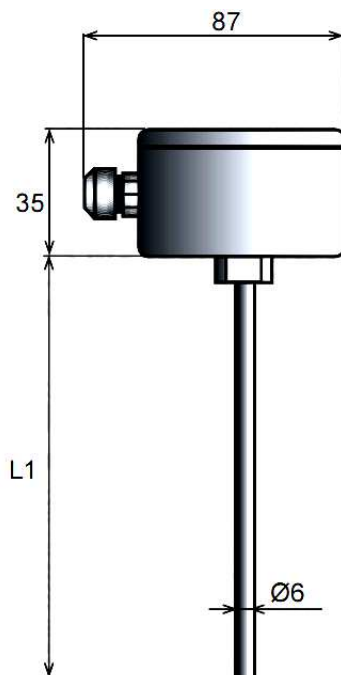
Do potrubí řízeného systému teplé a topné vody, který je v příloze I, se musí navařit jímky, do kterých jsou umístěny snímače. Průtokem horkého média se prostřednictvím jímky přenáší teplo na kovovou stopku, v které je umístěno vlastní čidlo.

5.4.1. Vlastnosti teplotních snímačů

Všechny použité snímače s frekvenčním výstupem v PS jsou postaveny na čidlech Pt100. Napájecí napětí snímačů může být v rozmezí 12 až 30 V. Maximální proudový odběr je do 20 mA. Snímače lze poměrně snadno nakonfigurovat pomocí počítače a převodníku RS232 na RS485 z defaultního nastavení výrobce. Není však povoleno přenastavovat hodnoty rozsahu mimo maximální meze. Tím je myšleno to, že u snímače s teplotním rozsahem od 0 do 150°C lze nastavit pracovní rozsah např. 0 – 100°C a nikoliv 0 – 200°C. Integrovaný procesor v pouzdře čidla vyhodnocuje měřenou teplotu a může ji prezentovat dvěma způsoby:

- a. Frekvenčním výstupem
- b. RS485

Použití RS485 dovoluje propojit maximálně 255 čidel k procesoru řídicího systému. Avšak každé čidlo by se muselo zvlášť konfigurovat a přidělit adresu, aby byly rozpoznatelné a mohla probíhat bezproblémová komunikace. Frekvenční výstup snímačů lze taktéž přednastavit. Jelikož se snímače používají i v mnoha dalších stanicích a nebylo by možné si pamatovat nastavení každého snímače, tak se nechávají v původním nastavení. Přepočty jsou prováděny až v programu řídicího systému. Na následujícím obrázku (Obr. 5.8) je nastíněn vzhled a rozměry snímače. Délka L1 je individuální, je závislá na potrubí, do kterého se instaluje. Obvyklá délka je 100 mm.



Obr. 5.8 Teplotní čidlo [19]

5.4.2. Použité snímače teploty

Kromě snímání teplot v okruzích TV a ÚT se měří teplota na primáru a zpátečce přívodního horkovodního potrubí. Navíc je okruh ÚT doplněn o snímání venkovní teploty. V následující tabulce je zachycen přehled teplotních čidel použitých v technologii.

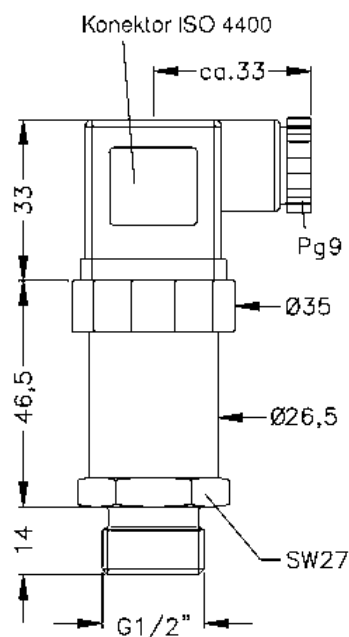
Tabulka 5.2 - Přehled teplotních čidel

Funkce snímače	Rozsah měření	Výstup
Teplota vstupní vody do výměňkové stanice	0 až 150 °C	3 až 15 Hz
Teplota vratné vody z výměňkové stanice	0 až 150 °C	3 až 15 Hz
Teplota ÚT	0 až 150 °C	3 až 15 Hz
Venkovní teplota	-30 až 60 °C	3 až 15 Hz
Teplota TV za výměníkem	0 až 150 °C	2 až 10 kHz
Teplota TV na nádrži	0 až 150 °C	2 až 10 kHz

5.5. Snímač tlaku

Regulovaný okruh ÚT nemůže být kompletně uzavřen, jinak by nebylo možno v něm udržovat tlak ve stanovených mezích. Tento okruh je třeba hlídat snímačem tlaku a na základě snímané hodnoty tlaku se do systému buď dopustí voda z vratného primárního potrubí, nebo dojde k odpuštění vody do odvodňovacího kanálu.

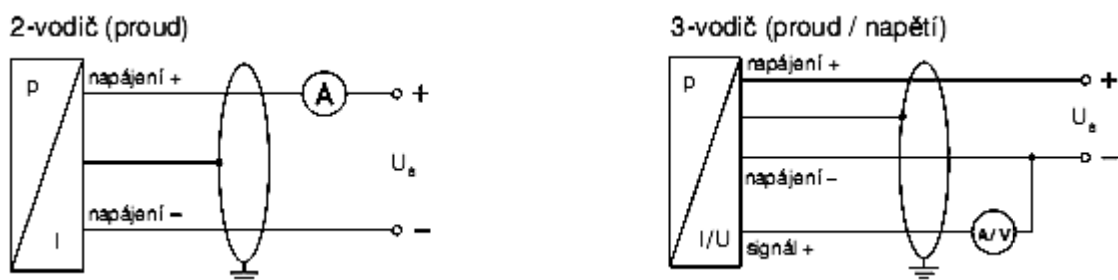
Ke snímání tlaku je použit univerzální piezoresistivní nerezový snímač s velmi nízkou teplotní chybou označovaný jako DMP 331, který je charakteristický maximální chybou pod 0,1 %. Snímače pro vyšší tlaky se mohou vyskytovat s chybou do 0,35%. Na obrázku níže (Obr. 5.9) je tento senzor zachycen.



Obr. 5.9 BD senzor [20]

5.5.1. Vlastnosti snímače

Tyto snímače se vyrábí ve spoustě provedení a tlakových tříd. Tlak v systému by měl mít minimálně 350 kPa. Tlak se proto bude regulovat na 400 kPa. Zvolený tlakový rozsah od 0 do 10 barů je optimální. Výše uvedený BD senzor s typovým označením DMP 331 je možno napájet stejnosměrným napětím v rozmezí 12 až 36 V. Jedná se o čidlo s proudovým výstupem 4 – 20 mA. Na obrázku Obr. 5.10 jsou znázorněna možná připojení senzoru.

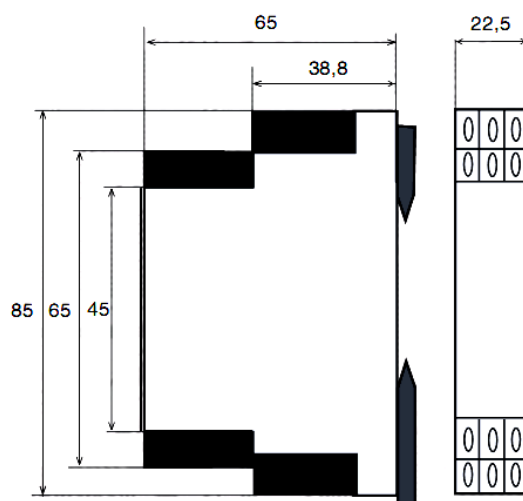


Obr. 5.10 Schémata připojení senzorů [20]

Výstupní signál se musí dále zpracovat, aby měl stejné parametry jako teplotní snímače. Proudový signál 4 – 20 mA se tedy musí převést na signál frekvenční. Toho lze snadno docílit programovatelným převodníkem.

5.5.2. Převodník proudového signálu na signál frekvenční

Aby nemusel být řídicí systém rozšiřován o analogový modul, je potřeba analogové signály převést na takové, které dokáže řídicí systém rozpoznat. Převodník s frekvenčním výstupem označovaný jako RF1 lze nakonfigurovat tak, aby jeho výstupní frekvenční signál odpovídal parametrům použitých teplotních čidel. Převodník může mít na výstupu frekvenční signál v závislosti na vstupním signálu a to v rozmezí 1 Hz až 20 kHz. Avšak na výstupu musí být signál v rozmezí 2 až 10 kHz. Snadné nakonfigurování lze provést přes komunikační linku RS-485. Na vstupu může být kromě proudového signálu také napěťový signál či přímo čidla Pt100, Pt1000, Ni1000 nebo odporová zátěž do 100 Ω nebo 1000 Ω .



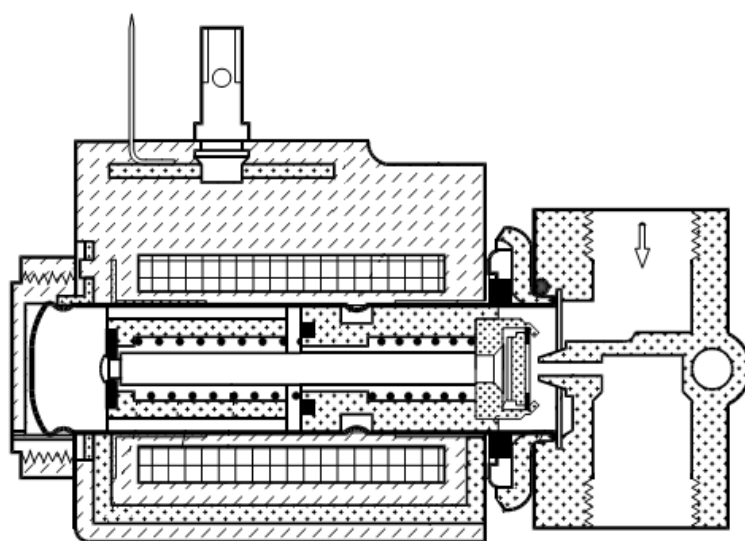
Obr. 5.11 Převodník RF1 [21]

5.6. Solenoidy dopouštění a odpouštění

Tlak v regulovaném systému TV musí být v určitých mezích, aby byly splněny podmínky správné regulace a dodávky tepla bytovým jednotkám. K dopouštění a odpouštění slouží dvoucestné solenoidové ventily s cívkou BA 230V / 50Hz značený jako EV 220 B.

Při poklesu tlaku topného média v potrubí je nutno tento tlak zvýšit dopuštěním systému. Tlak je dopouštěn z primárního okruhu pomocí solenoidu. Pokud dojde k poklesu tlaku pod spodní mez možného tlaku v potrubí, tak dojde k dopouštění. Bude se dopouštět tak dlouho, dokud nebude v systému minimálně o 20 kPa větší tlak, než je dolní mez. Dopouštění však nesmí trvat déle než 30 minut, protože se může jednat o závadu na potrubí. Čas dopouštění je proto monitorován. Pokud bude překročena doba dopouštění, je hlášena porucha a zastaveno dopouštění.

Pokud je v systému vyšší tlak než je horní hranice možného tlaku v potrubí okruhu, tak dojde k odpouštění topného média do odvodňovacího kanálu. Odpouští se tak dlouho, dokud není v systému tlak o 20 kPa nižší než horní mez možného tlaku.



Obr. 5.12 Solenoid [22]

6. Výzbroj rozvaděče

Rozvaděč RM1 pro měření a regulaci je nutno vyzbrojit pouze nejnútnejšími prvky, protože zbytečné prvky, které se v regulaci nemusí vyskytovat, jsou vždy dalším možným zdrojem poruchy. Úkolem je tedy minimalizovat řídicí systém a tím srazit počet možných poruch a cenu rozvaděče na minimum.

Rozvaděč RM1 je oceloplechová rozvodnice s rozměry 800 x 800 x 250 mm a je v první řadě vyzbrojen mikrokontrolérem GE Fanuc IC200UDR005 a jeho rozšiřujícím modulem IC200UEX011. Dalším důležitým prvkem rozvaděče je panel operátora DP40 s dvouřádkovým displayem. Pro napájení čidel, převodníku a pro termostaty je do systému zařazen stabilizovaný napěťový zdroj ML30.100 s výstupním napětím 24 V / 1,25 A. Další prvky jsou v rozvaděči určeny pro vypínání jednotlivých částí systému, k jejich jištění, ochraně, odrušování, indikaci a ochraně proti přepětí. Schéma zapojení je v příloze II.

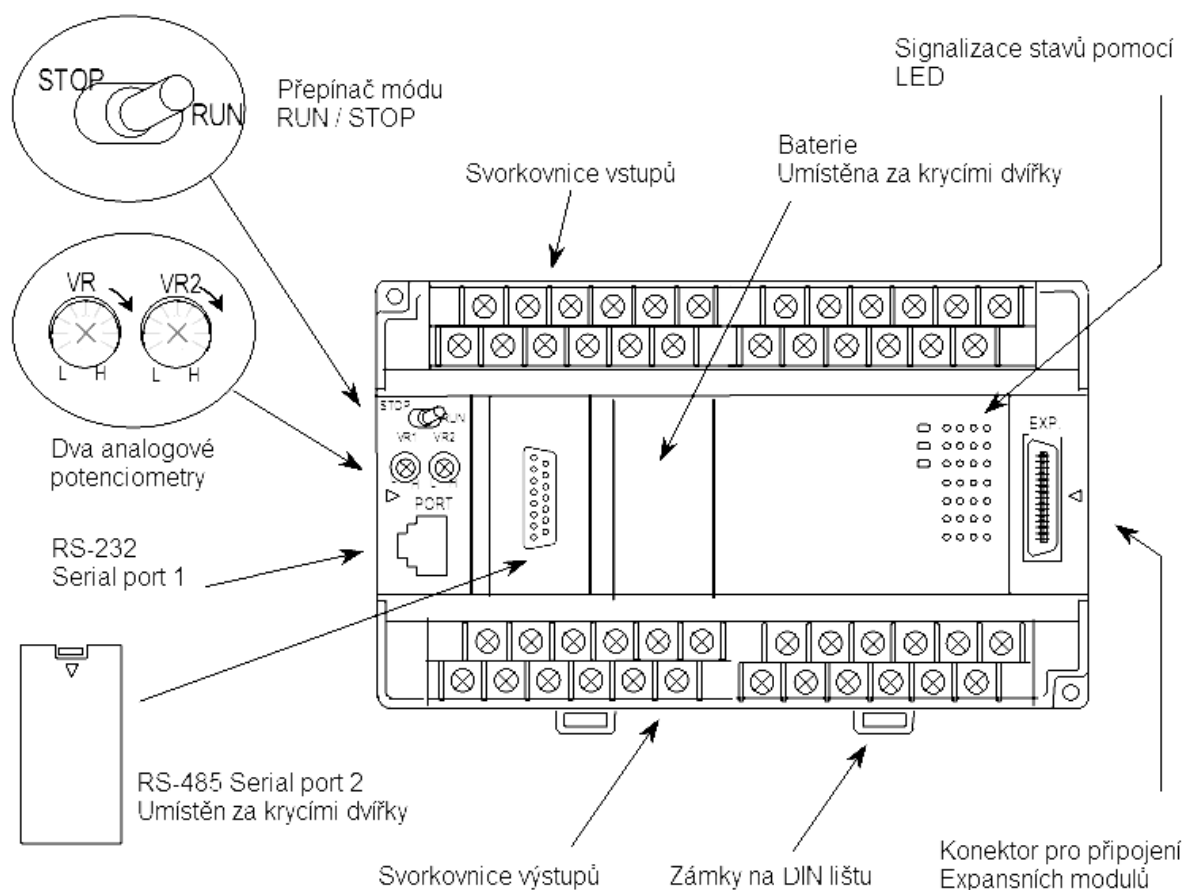
6.1. Řídicí systém



Obr. 6.1 Blokové schéma řídicího systému s periferiemi

6.1.1. GE Fanuc

Mikrokontrolér GE Fanuc VersaMax Micro 28 je největší z řady micro a má 28 I/O bodů – 16 binárních vstupů včetně 4 vysokorychlostních čítačů, 11 reléových výstupů a 1 tranzistorový výstup, který lze použít jako standardní výstup nebo jako výstup vysokorychlostního čítače či PWM.



Obr. 6.2 GE Fanuc VersaMax IC200UDR005 [23]

Tento mikrokontrolér je možno napájet napětím od 100 do 240 V AC a poskytuje pro připojené zařízení stabilizované napětí 24 V s maximálním odběrem 200 mA. GE Fanuc Micro lze rozšířit o 4 libovolné expanzní moduly.

6.1.1.1 Vlastnosti

- a. Přepínač RUN/STOP lze konfigurovat pro mazání fatálních chyb
- b. Dva analogové potenciometry
- c. Hodiny reálného času
- d. Dva sériové porty. Port 1 (RS-232) podporuje protokoly SNP / SNPX slave. Port 2 (RS-485) podporuje protokoly SNP / SNPX slave a master, RTU slave a sériové I/O.
- e. Instrukční sada pro matematické operace v pohyblivé řádové čárce
- f. Program lze tvořit jako logiku LD nebo instrukční seznam IL
- g. 9 kB paměti, 2048 B registru
- h. Energeticky nezávislá paměť ROM
- i. RAM je zálohovaná na 30 min kondenzátorem
- j. Možnost rozšíření o lithiovou baterii

6.1.1.2 Stejnosměrné vstupy

Každý vstup může být charakterizován pozitivní nebo negativní logikou. Jestliže teče proud do vstupního bodu, promítne se tato skutečnost jako logická 1 ve stavové tabulce vstupů (%I). Charakter vstupu je kompatibilní se širokou škálou vstupních zařízení, jako jsou například tlačítka, bezdotykové spínače a omezovací spínače. Logická 1 je detekovaná pro napětí vyšší, než 15 V. Vstupní impedance je 2,8 kΩ. Pásmo necitlivosti je od 5 – 15 V. Doba odezvy je pro běžný vstup do 20 ms a pro HSC je 100 μs.

6.1.1.3 Výstupní relé

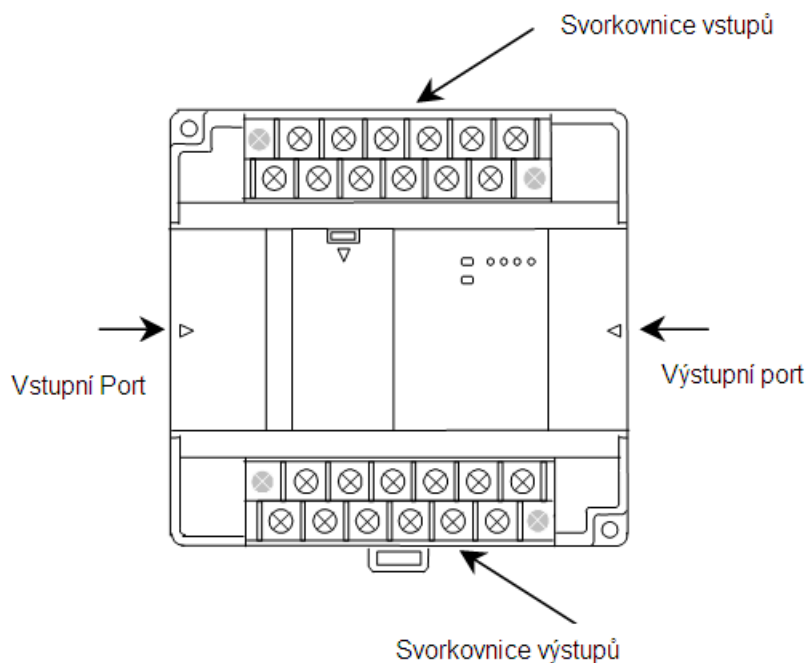
Jedenáct normálně otevřených reléových výstupů (%Q) PLC systému Micro může ovládat nejrozumnější zařízení, jako jsou startéry motorů, stykače, solenoidy a indikátory. Spínací výkon každého obvodu jsou 2A. Odezva zapnutí a vypnutí je maximálně 15ms. Životnost kontaktů je stanovena na 20 miliónů operací, avšak při zatěžovacím proudu od 0,6 do 2A se počet operací sníží na 200 tisíc.

6.1.2. Rozšiřující modul vstupů a výstupů

Expanzní modul VersaMax Micro PLC IC200UEX011 má osm stejnosměrných vstupů a šest normálně otevřených reléových výstupů 2 A, které mohou ovládat výstupní zařízení o napětí 5-30 V stejnosměrných nebo 5-250 V střídavých.

Vlastnosti:

- Jmenovité napájecí napětí je 100 až 240 V střídavých.
- 8 stejnosměrných vstupů, které lze použít jako pozitivní nebo negativní standardní logické vstupy.
- 6 reléových výstupů typu A (SPST: single-pole, single-throw).
- K dispozici je oddělené napájení +24 V stejnosměrných pro polní zařízení s maximálním odběrem až 200 mA.
- Dvě snímatelné dělené šroubovací svorkovnice se zavěšenými ochrannými kryty.



Obr. 6.3 GE Fanuc VersaMax IC200UEX011 [24]

6.2. Operátorský panel DataPanel VersaMax

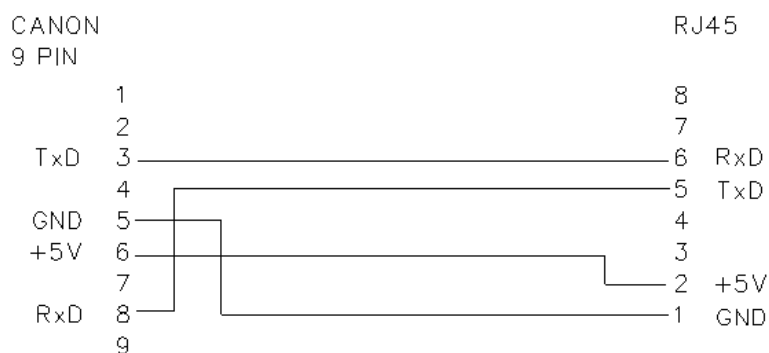
Modul operátorského rozhraní jako je DataPanel VersaMax je robustní průmyslový zobrazovací systém, který má svůj vlastní zobrazovací display a klávesnici. Podporuje širokou škálu protokolů. Panel sám zajišťuje spojení s programovatelnými automaty, řídicími systémy přes programovací nebo standardní port na zadní straně zařízení. Komunikace probíhá přes sériový port RS-232. Zobrazování dat v reálném čase. DataPanel může na svých stránkách jak zobrazovat hodnoty registrů, cívek, tak i měnit data v PLC. Může měnit hodnoty registrů a stavy cívek. Použit lze jak pro jednoduché, tak i pro složité systémy. Dovoluje zobrazení 200 statických i dynamických stránek. V panelu lze zpracovávat 100 analogových a 100 digitálních proměnných. Velikost dat v databázi je limitována 32 kB. DataPanel je sice samostatná jednotka, ale k nahrání databáze je potřeba vždy PC.

Operátorský panel s typovým označením DP40 je dvouřádkový. Na každý řádek je vyčleněno 16 znaků. Je podsvícený LED a má kromě dvou kontrolky 6 funkčních tlačítek. Napájecí napětí si bere přímo z automatu. Pokud je však propojovací kabel delší než 150 cm, je nutné do konektoru přivést napětí z 5V zdroje stejnosměrného napětí.



Obr. 6.4 DataPanel DP 40 [25]

Pro propojení DataPanelu a řídicího systému je potřeba propojovací kabel CANON9 / RJ45, protože Port1 u řídicího systému Fanuc je opatřen zdírkou pro konektory RJ45.



Obr. 6.4 Zapojení komunikačního kabelu

6.3. Jištění a spínání

Celá předávací stanice má vlastní pojistkovou skříň, ze které jsou napájeny jak světelné okruhy, tak skříň pro komunikaci s dispečinkem a rozvaděč RM1. Na silovou svorkovnici v rozvaděči je zapojen přívodní napájecí kabel CYKY 5C x 2,5, který je jištěný 32 A třífázovým jističem. Rozvaděč má na dveřích hlavní vypínač 400V / 25 A, kterým je možno natvrdo vypnout celou řízenou technologii. Další zařízení jsou zobrazena v následující tabulce Tab. 6.1.

Tabulka 6.1 – Přehled jisticích a spínacích zařízení

Zařízení	ks	Účel v řízení
Frekvenční filtr	1	Napájení řídicího systému a rozšiřujícího modulu
Jednofázový jistič 6A / B	2	Napájení měřičů tepla
Jednofázový jistič 10A / B	2	Jištění zásuvky 230 V Jištění pro řídicí systém a řídicí povely
Trojfázový jistič 10A / B	2	Jištění oběhových čerpadel pro ÚT
Trojfázový motorový spouštěč 6,3 – 10 A včetně signalizační jednotky	2	Jištění cirkulačních čerpadel pro TV
Stykač trojfázový s cívkou 230 V včetně jednotky pomocných kontaktů	2	Spouštění cirkulačních čerpadel pro TV
Relé 24V s paticí	2	Ovládání havarijních funkcí pohonů při přetopení okruhů
Pojistka 1 A – 3,15 A	7	Ochrana pro povely k solenoidům, cirkulačním čerpadlům a pro pohony k ventilům, frekvenční filtr, stabilizovaný zdroj 24V, signalizaci poruchy

7. Návrh I/O

Řídicí systém GE Fanuc rozšířený o expanzní binární modul poskytuje 42 I/O bodů. Pro vstupní signály je k dispozici 24 vstupních bodů včetně 4 HSC. Zbylých 18 bodů je výstupních. V následující tabulce Tab. 7.1 jsou znázorněny využití připojovací body řídicího systému.

U procesorové jednotky je možno pracovat se vstupy I1 – I16 a s výstupy Q1 – Q12. Modul nabízí vstupy od adresy I17 – I24 a výstupy se nachází až na adresách Q17 – Q22.

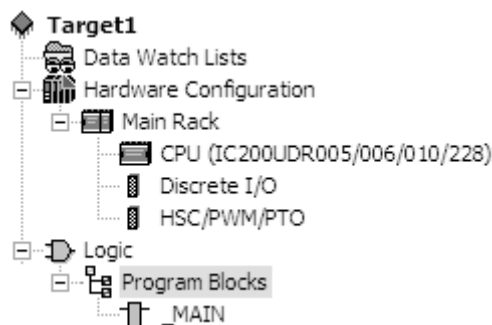
Tabulka 7.1 – Přehled jisticích a spínacích zařízení

Periferie	Připojovací bod	Úroveň	Komentář
Teplota TV, výstup z výměníku	I1	HSC	Čidlo s rychlým frekvenčním výstupem
Přetopení TV	I2	BOOL	Regulátor teploty kapilárový
Teplota TV, vyrovnávací nádrž	I3	HSC	Čidlo s rychlým frekvenčním výstupem
Přetopení ÚT	I4	BOOL	Regulátor teploty kapilárový
Tlak v systému ÚT	I5	HSC	BD senzor, převodník RF1
Tlak studené vody pro TV	I6	BOOL	Regulátor tlaku vlnovcový
Zaplavení prostoru	I7	BOOL	HS-4
Přetopení prostoru	I8	BOOL	Regulátor teploty prostorový
Porucha čerpadla	I9	BOOL	Oběhové čerpadlo ÚT č. 1
Porucha čerpadla	I10	BOOL	Oběhové čerpadlo ÚT č. 2
Porucha čerpadla	I11	BOOL	Cirkulační čerpadlo TV č. 1
Porucha čerpadla	I12	BOOL	Cirkulační čerpadlo TV č. 1
Teplota ÚT	I13	3-15 Hz	Čidlo s pomalým frekvenčním výstupem
Teplota primár vstup	I14	3-15 Hz	Čidlo s pomalým frekvenčním výstupem
Teplota primár vratná	I15	3-15 Hz	Čidlo s pomalým frekvenčním výstupem
Venkovní teplota	I16	3-15 Hz	Čidlo s pomalým frekvenčním výstupem
Povel pro pohon TV	Q3	BOOL	Otvírání ventilu

Periferie	Připojovací bod	Úroveň	Komentář
Povel pro pohon TV	Q4	BOOL	Zavírání ventilu
Povel pro pohon TV	Q5	BOOL	Havarijní funkce ventilu
Povel pro čerpadlo	Q6	BOOL	Ovládání oběhového čerpadla č. 1
Povel pro čerpadlo	Q7	BOOL	Ovládání oběhového čerpadla č. 2
Povel pro čerpadlo	Q8	BOOL	Ovládání cirkulačního čerpadla č. 1
Povel pro čerpadlo	Q9	BOOL	Ovládání cirkulačního čerpadla č. 2
Povel pro solenoid	Q10	BOOL	Dopouštěcí solenoid pro ÚT
Povel pro solenoid	Q11	BOOL	Odpouštěcí solenoid pro ÚT
Signálka	Q12	BOOL	Signalizace poruchy systému
Povel pro pohon ÚT	Q19	BOOL	Otvírání ventilu
Povel pro pohon ÚT	Q20	BOOL	Zavírání ventilu
Povel pro pohon ÚT	Q21	BOOL	Havarijní funkce ventilu

8. Hardwarová konfigurace řídicího systému

Při zakládání nového projektu v prostředí *Proficy Machine Edition* je potřeba zvolit šablonu projektu pro daný řídicí systém. Vývojové prostředí automaticky provede defaultní konfiguraci zvoleného systému. Na obrázku Obr. 8.1 je konfigurace nově vytvořeného projektu.

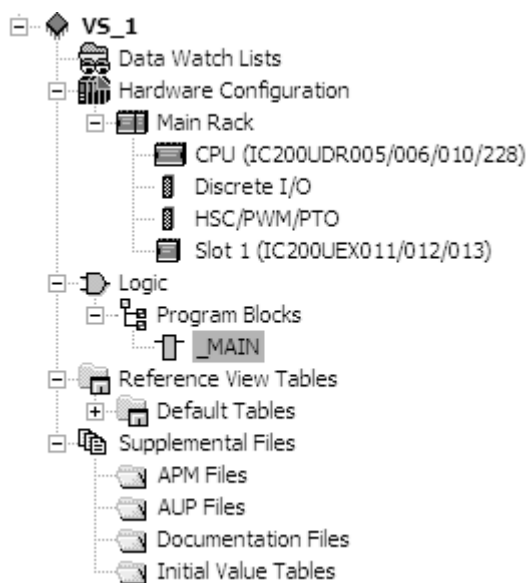


Obr. 8.1 Automatická konfigurace

Kliknutím pravého tlačítka myši na CPU je systémem nabídnuto přidání nového expanzního modulu z široké nabídky. Vybráním správného modulu dojde k jeho zařazení do Racku – do slotu 1.

Vlastnosti CPU, nabízí mimo jiné konfiguraci pamětí, hesel, přepis chybových tabulek a konfiguraci Portu 1 (RS-232) a Portu 2 (RS-485). Oba porty je potřeba nastavit do režimu SNP, nastavit je jako slave a přiřadit jim přenosovou rychlost 19200 bps. Je možné nastavit také paritu, stop bity, time out a zpoždění.

Poslední věcí, kterou je potřeba nastavit, je povolení čítačů. U tohoto řídicího systému lze nastavit buď 1, nebo 4 aktivní kanály. Vstupy čítačů jsou na připojovacích bodech I1, I3, I5, I7. Při jejich povolení lze u jednotlivého kanálu nastavovat hlavně citlivost, reakci na náběžnou nebo sestupnou hranu, dobu, po kterou čítá.



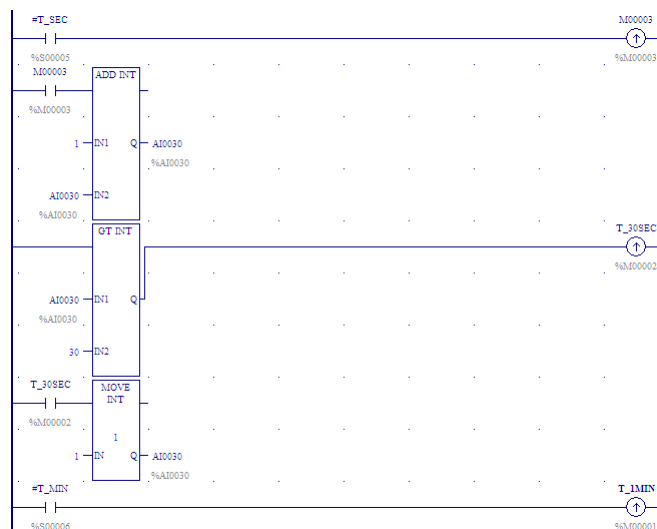
Obr. 8.2 Kompletní Hardwarová konfigurace

9. Řídicí program systému

Aplikace v PLC se stará o autonomní regulaci okruhu TV a ÚT. Na základě vstupních dat od senzorů a nastavení obsluhou či dispečinkem řídí regulační ventily s havarijní funkcí, solenoidy dopuštění a odpouštění, cirkulační a oběhová čerpadla. Dále se monitorují parametry a havarijní stavy. Celá řídicí aplikace je stručně okomentována v příloze III.

9.1. Vzorkovací časy

Řídicí aplikace má vícero vzorkovacích časů. Vzorkovací časy jsou použity při čtení hodnot frekvencí pomalých čidel s výstupní frekvencí 3 – 15 Hz a při vzorkování v samotných regulacích. Ty budou zmíněny až v souvislosti se samotnými regulacemi. Důležitými vzorkovacími časy v aplikaci jsou $t = 1$ s, $t = 30$ s, $t = 60$ s. Komponenty vývojové aplikace nabízí možnost využití kontaktů, které spínají každou 1 s a 60 s. Je využita vždy náběžná hrana pulzu. Jednoduchým způsobem je pak zajištěno i 30 s vzorkovacího času, jak je znázorněno na následujícím obrázku.

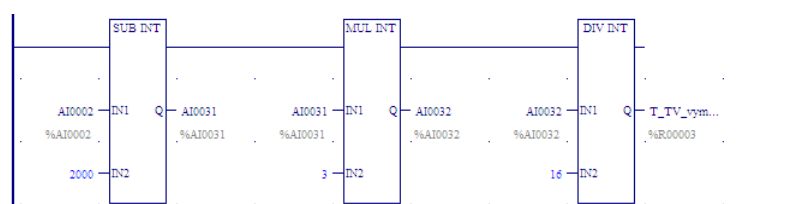


Obr. 9.1. Vytvoření vzorkovacích časů

9.2. Rychlé a pomalé vstupy

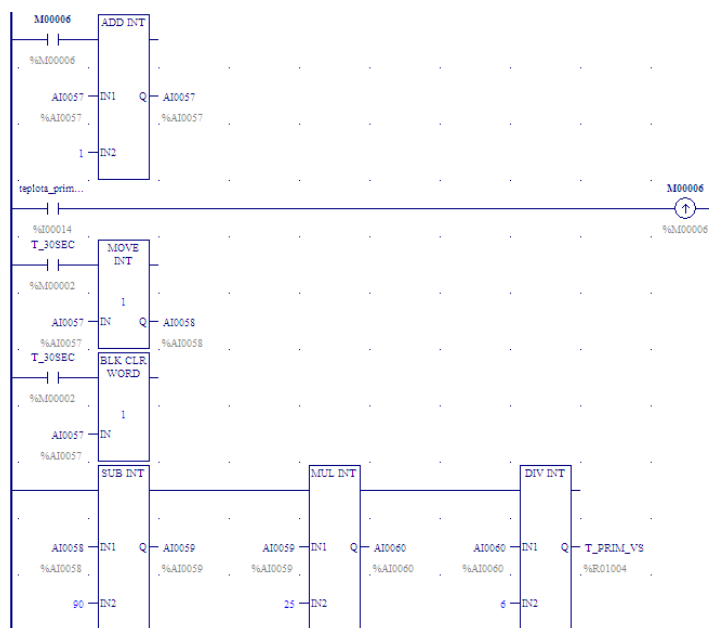
Na vstupy řídicího systému jsou přivedeny výstupy jednotlivých senzorů. U systému jsou využity tři ze čtyř rychlých vstupů. Rychlé vstupy slouží pro snímání veličin, které se rychle mění anebo přímo souvisí s regulací. Tímto způsobem je snímána teplota hned za výměníkem TV, na nádrži TV a tlak systému ÚT. Tlak systému je sice snímán proudovým čidlem, ale jeho hodnota je pomocí převodníku převáděna na stejný frekvenční signál 2 – 10 kHz. Aby byl signál správně zpracován, je potřeba jeho přepočít na hodnotu, která odpovídá skutečně měřené veličině. Pro konkrétní případ snímání teploty frekvenčním čidlem je stanovení teploty s přesností na jedno desetinné místo následující:

$$T = \frac{(f - 2000) \cdot 3}{16} \quad (9.1)$$



Obr. 9.2. Zpracování vstupních hodnot na rychlých vstupech

Kromě vstupů rezervovaných pro rychlé snímače se dají ostatní libovolně použít. Na následujícím obrázku Obr. 9.3 je znázorněn způsob, jakým je docíleno snímání frekvence na snímačích s frekvenčním výstupem 3 – 15 Hz a jeho přepočít na aktuální měřenou veličinu s přesností na jedno desetinné místo. Snímače s pomalým výstupem jsou použity pro snímání venkovní teploty, teploty ÚT, teploty primáru a teploty vratné vody.



Obr. 9.3 Přepočít pomalu se měnících hodnot od snímačů

Z obrázku Obr. 9.3 lze snadno vyčíst, že v proměnné se AI0057 akumuluje počet pulzů, jež za dobu 30 sekund bude mít na výstupu čidlo. Konkrétně se jedná o teplotu primární vody na vstupu stanice. Právě po době vzorkování 30 s dojde k jeho přemístění v programu pro další přepočítání a původní hodnota je smazána a znovu se načítá. Přepočítání na konkrétní hodnotu je následující:

$$T = \frac{(\text{pocet . pulzu} - 90) \cdot 25}{6} \quad (9.2)$$

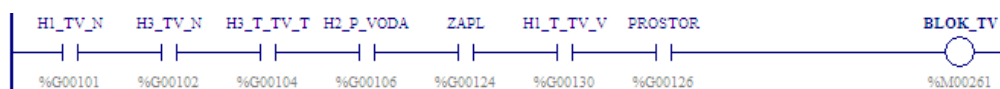
9.3. Regulace TV

Regulace TV se provádí na zadanou hodnotu 55 °C (R1009 = 550). Na následujícím obrázku Obr. 9.4 je jednoduchou formou provedena proměnná délka jednoho cyklu regulace. Délka cyklu je nastavena na 35 sekund. Na náběžnou a sestupnou hranu průběhu v M42 reagují cívky M44 a M45.

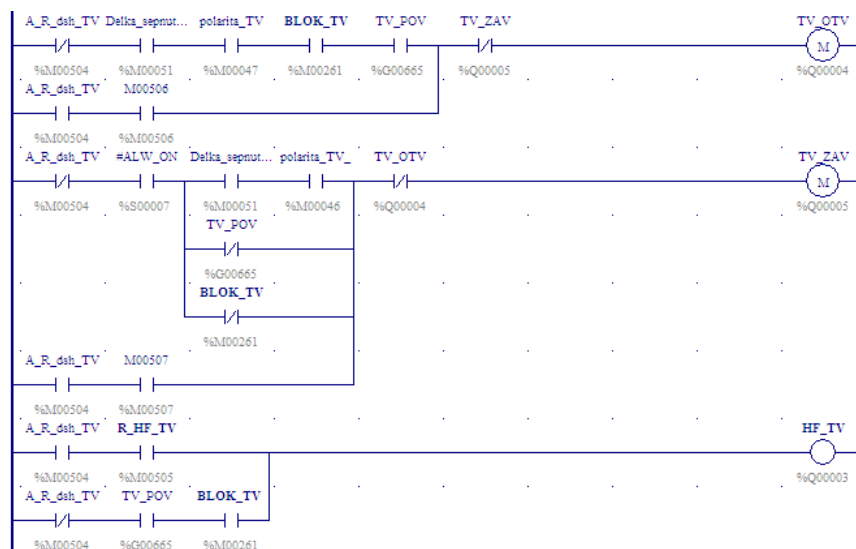


Obr. 9.4 Vzorkovací čas pro regulaci TV

V obrázku Obr. 9.5 je 7 podmínek, které musí odstavit regulační okruh TV. Všechny poruchové a havarijní okruhy jsou ošetřeny tak, aby ve stavu bezporuchovém signalizovaly logický stav 1. Pro ošetření ztráty napětí. Při jakékoliv poruše v řetězci bude cívka sepnuta. V řetězci je například zaplavení prostoru, porucha čidla, přetopení prostoru stanice a přetopení okruhu. Všechny poruchy jsou v příloze V.

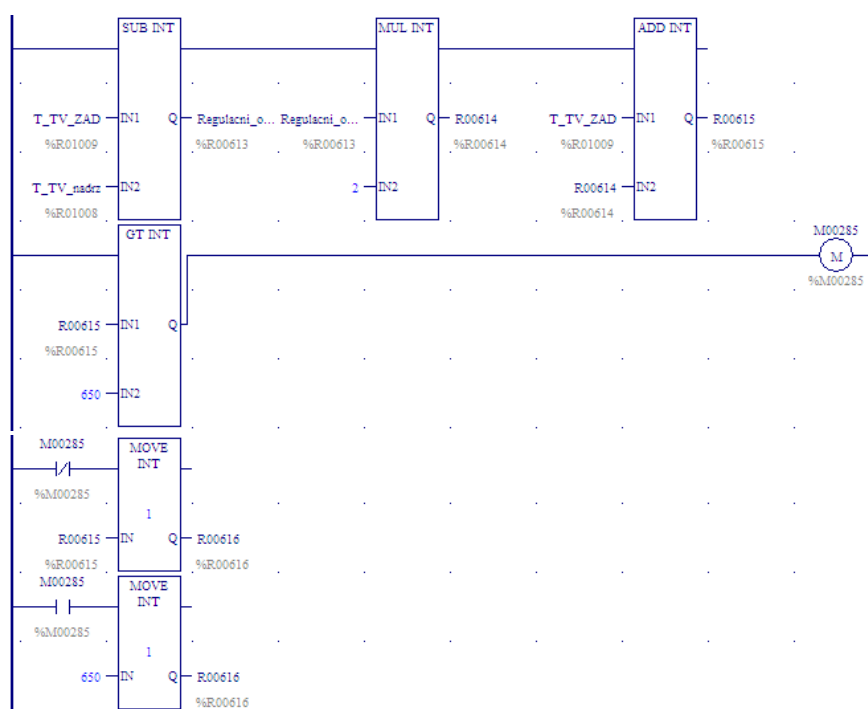


Obr. 9.5 Blokovací řetězec TV



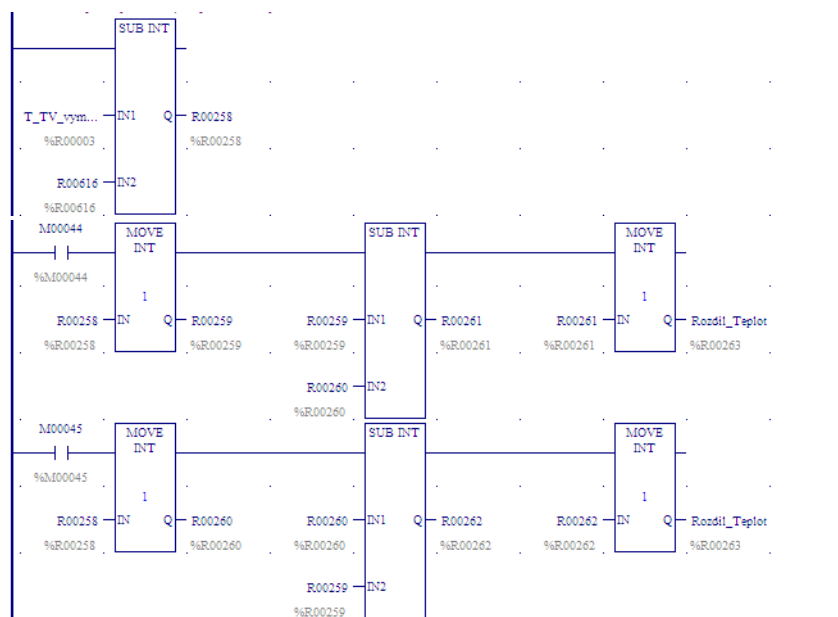
Obr. 9.6 Ovládání regulačního pohonu ventilu TV

V diagramu jsou další podmínky pro řízení pohonu. Každý povel je možno provádět ručně z DataPanelu. Po sepnutí M504 není pohon řízen automatem. Jednotlivé povel M505, M506, M507 jsou posílány z DataPanelu. Povel G665 slouží pro zapnutí či vypnutí celé regulace TV. Povel přichází přímo z dispečinku popřípadě z panelu. Polarita a délka sepnutí bude popsána v dalších částech výpisu programu. Havarijní funkce musí být vždy sepnuta, protože beznapěťový stav je označován jako havarijní. Obdobně je řešeno řízení pohonu ÚT na obrázku Obr. 9.20.



Obr. 9.7 Nová limitní teplota regulace

Stanovení rozdílů teplot mezi žádanou a naměřenou, rozdíl se násobí 2 (popř. 3) pro zvýšení strmosti a poté se stanoví teplota, ke které se má regulace přiblížit přičtením k žádané (k 55°C). Limita je vždy 65 °C.



Obr. 9.8 Rozdíl dvou po sobě následujících vzorků regulační odchylky

Na obrázku Obr. 9.8 se nejdříve stanovuje regulační odchylka. Protože M44 a M45 spínají každých 35 s (Obr. 9.4), tak se do R259 a R260 ukládají po sobě jdoucí hodnoty teplot v systému. Do R263 se potom ukládá jejich rozdíl, ten je použit v derivaci. Když teplota vody roste, tak je v R263 kladná hodnota, když teplota klesá, je hodnota záporná a pokud stagnuje tak je 0.

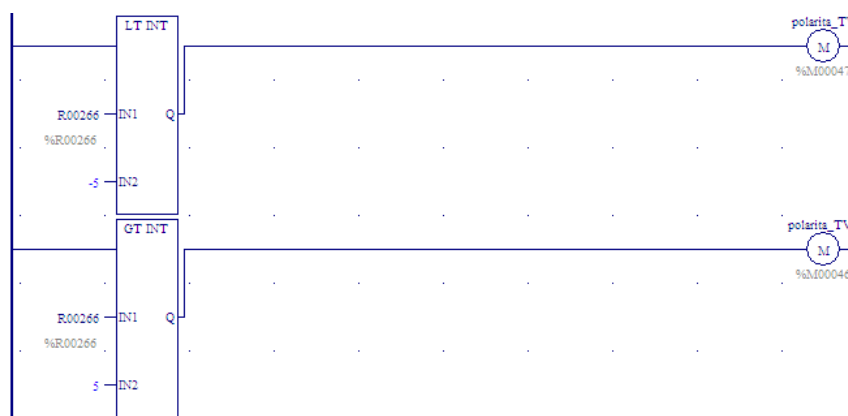
Obrázek Obr. 9.9 je vhodnější začít popisovat odspodu. Vstupem je rozdíl regulačních odchylek, který je následně násoben a dělen konstantami. Konstanty derivace R1310 a R1311 jsou dvě, abych mohl násobit desetinným číslem (zlomkem).

V prvním Rungu výsledek derivace sečteme s rozdílem mezi teplotou vody hned za výměníkem a novou limitní hodnotou. Přenásobením hodnoty polaritou pro proporcionalitu. Kladná polarita (-1), záporná polarita (1). V prostředním Rungu je proporcionální zpracování. Konstanty proporcionality R01308 a R01309 jsou dvě, kvůli desetinnému číslu (zlomku).

V obrázku Obr. 9.11 je znázorněn způsob stanovení polarity pro regulaci DP v Obr. 9.9.



Obr. 9.11 Určení polarity pro DP zpracování

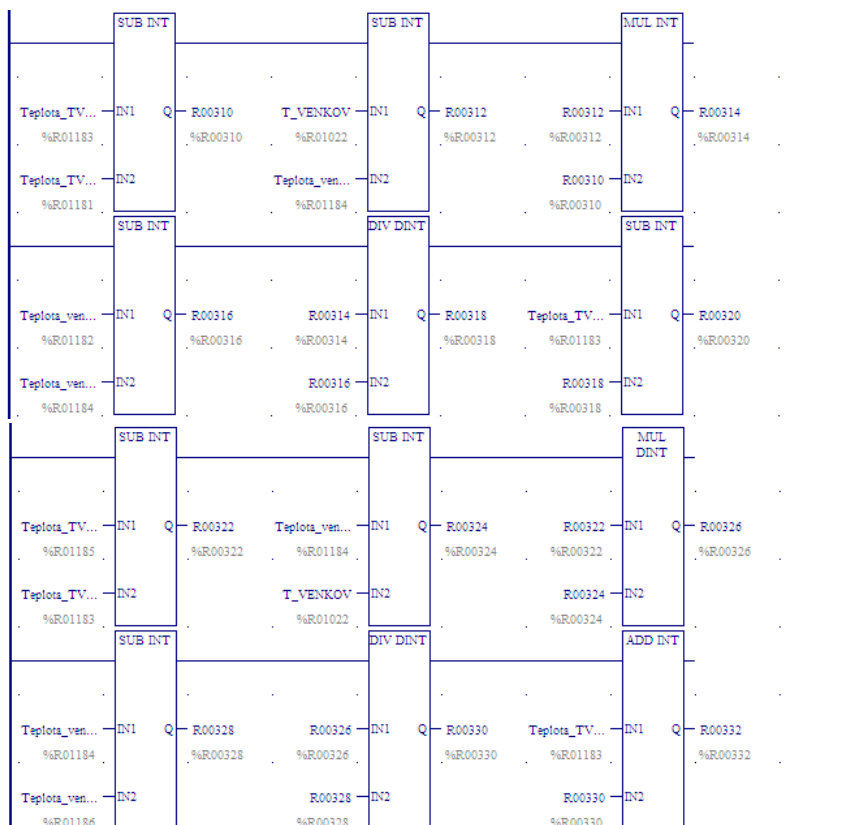


Obr. 9.12 Určení polarity povelu

Pokud je odchylka záporná a zároveň větší jak 0,5 °C, tak je sepnuta cívka M47 a pohon ventilu otvírá. Na druhou stranu, pokud je odchylka kladná a větší jak 0,5 °C, tak je sepnuta cívka M46 a pohon zavírá. Jestliže je absolutní hodnota odchylky nižší než 0,5 °C, tak není proveden žádný povel k pohonu.

9.4. Regulace ÚT

Regulace ÚT není na konstantní hodnotu jako u regulace TV. Hodnota topné vody se odvíjí od venkovní teploty a od korekčního zásahu dispečinku do systému.



Obr. 9.13 Ekvitermní křivka

Na obrázku Obr. 9.13 je proveden výpočet obou ekvitermních křivek. Dle hodnot v obrázku Obr. 4.3. První dva Rungey provádí pro defaultní hodnoty výpočet:

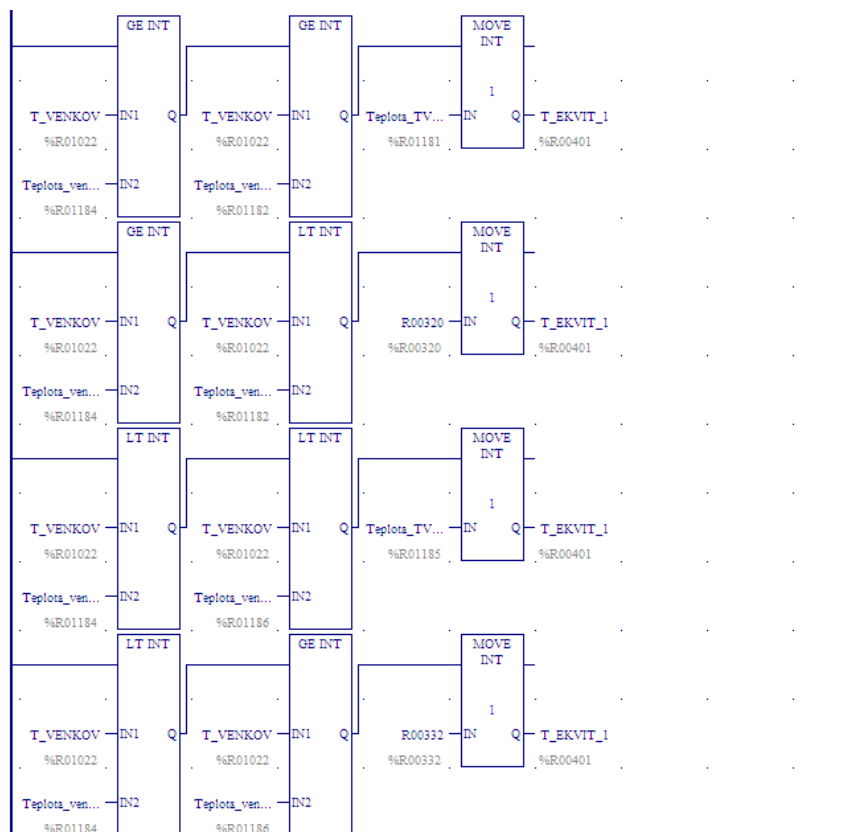
$$T_{(UT)} = 450 - \frac{(450-250) \times (T_{venk} - 100)}{200 - 100} \quad (9.3)$$

Druhou část křivky vypočítávají spodní dva Rungey podle vzorce:

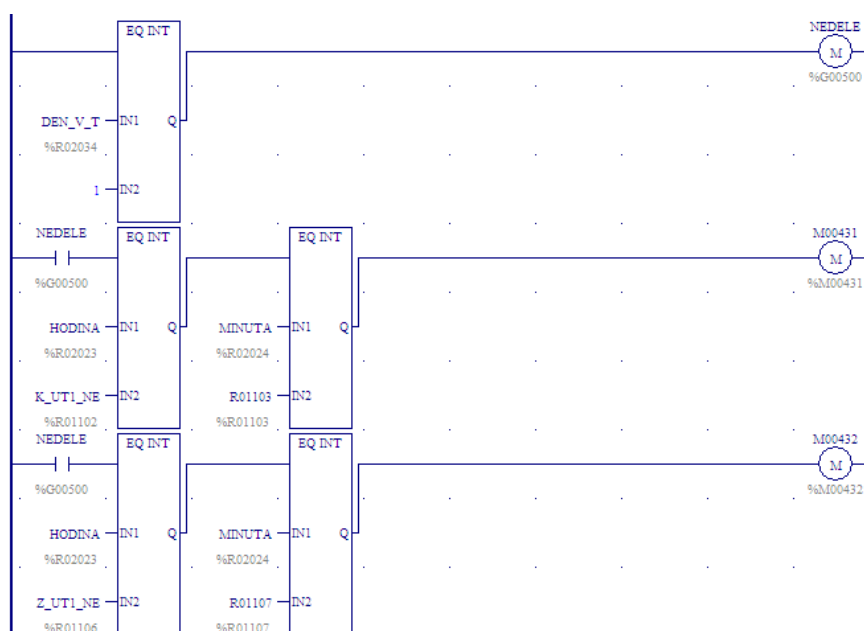
$$T_{(UT)} = 450 + \frac{(700-450) \times (100 - T_{venk})}{100 - (-120)} \quad (9.4)$$

Všechny hodnoty lze libovolně nastavovat tak, aby měly charakter křivky v obrázku Obr. 4.3.

Protože výpočty vznikly dvě křivky, tak pro každou hodnotu venkovní teploty jsou pro regulaci ÚT k dispozici dvě žádané hodnoty. Z každé křivky jedna. Algoritmus na obrázku Obr. 9.14 rozhoduje, která z hodnot se má použít pro danou venkovní teplotu. Pokud je venkovní teplota velmi nízká, tak aby nebyla požadovaná hodnota topné vody astronomická, tak je použita limita. Při vyšších venkovních teplotách je taktéž použita limita požadované hodnoty topné vody.



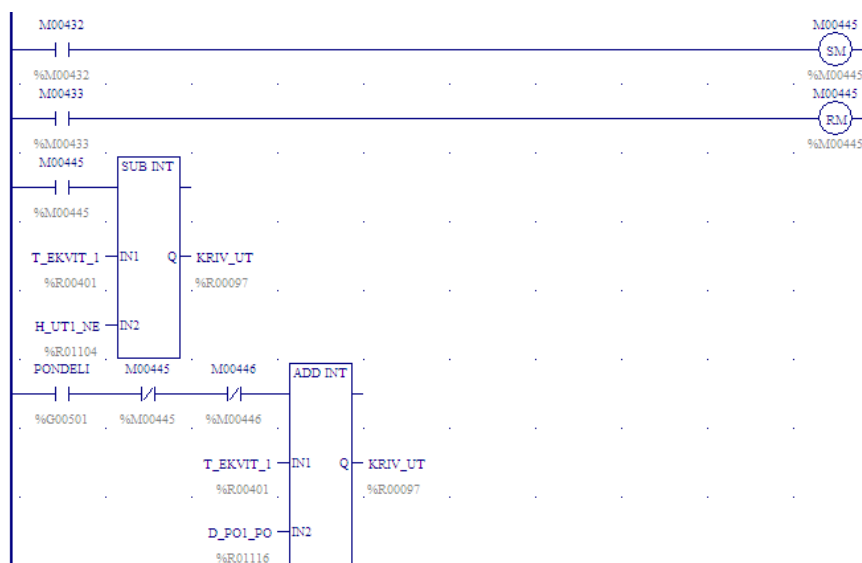
Obr. 9.14 Rozhodovací algoritmus pro ekvitermní regulaci



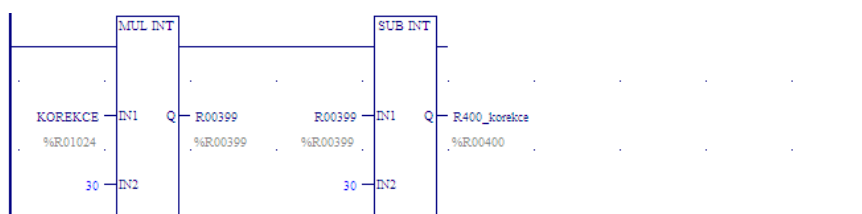
Obr. 9.15 Časové rozmezí zapnutí a vypnutí útlumu

Na obrázku Obr. 9.15 je časové rozmezí zapnutí a vypnutí útlumu. Je třeba si uvědomit, že každý den je charakteristický tím, že je nejdříve konec útlumu, který začal v předchozím dni a poté je jeho vlastní začátek. Tento útlum je ukončen v příštím dni.

Následující obrázek Obr. 9.16 popisuje snížení teploty požadované pro ÚT. Pokud je splněna podmínka z předchozích Rungů na Obr. 9.15 a je začátek nedělního útlumu, nastaví se cívka M445 do sepnutého stavu. Tímto povelem pak dochází k odečtu 5 °C od původní ekvitermní křivky. Až nastane nadefinovaný čas v příštím dni, tak je cívka M445 resetována a od ekvitermní křivky není odečítán útlum. V posledním Rungu je vložena proměnná pro možnou kladnou korekci. Momentálně má nulovou hodnotu.

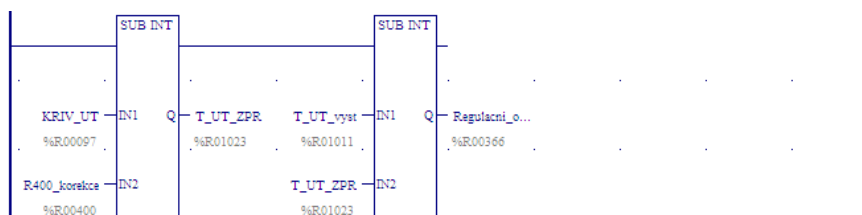


Obr. 9.16 Nedělní útlum pro změnu požadované hodnoty teploty ÚT



Obr. 9.17 Korekce dispečinku

Na dispečinku mají možnost provést energetickou korekci pro požadovanou hodnotu okruhu ÚT. Hodnota korekce může být pouze číslo kladné, celé {1, 2, 3, 4, 5}. Touto korekcí je možno snížit požadovanou hodnotu topné vody až o 12 °C.



Obr. 9.18 Výpočet regulační odchylky ÚT

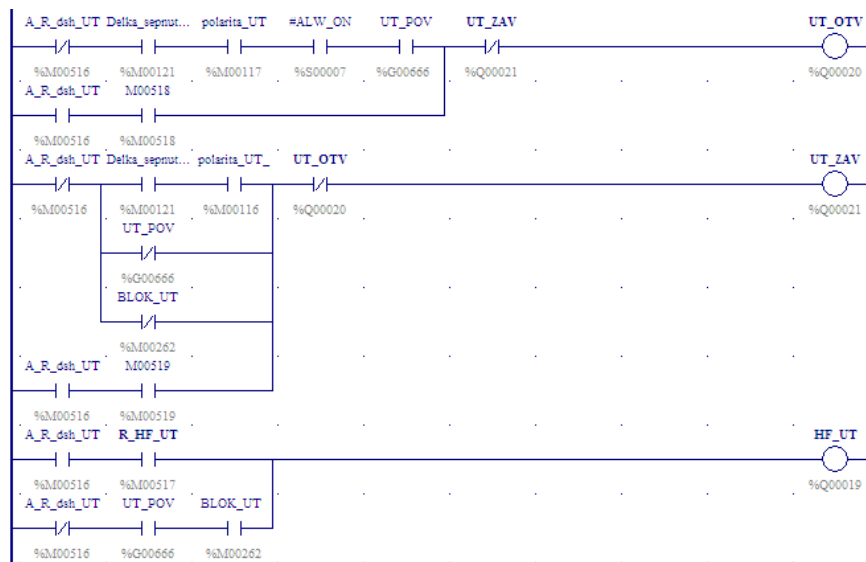
Do výpočtu regulační odchylky vstupuje hodnota žádané teploty z upravované ekvitermní křivky útlumem, korekce dispečinku a naměřená hodnota teploty na výstupním topném potrubí.

Postup stanovení délky řídicího pulzu a polarity řízení pohonu z PD regulace je téměř totožný se stanovením u TV. Hlavním rozdílem je 50 sekundová délka cyklu a maximální doba zásahu je 5,0 sekund

V obrázku Obr. 9.19 je 8 podmínek, které musí odstavit regulační okruh ÚT. Všechny poruchové a havarijní okruhy jsou ošetřeny tak, aby ve stavu bezporuchovém signalizovaly logický stav 1. Pro ošetření ztráty napětí. Při jakékoliv poruše v řetězci bude cívka sepnuta. V řetězci je například zaplavení prostoru, porucha čidla, přetopení prostoru stanice, porucha čidla tlaku a přetopení okruhu. Všechny poruchy jsou v příloze V.



Obr. 9.19 Blokovací řetězec pro ÚT



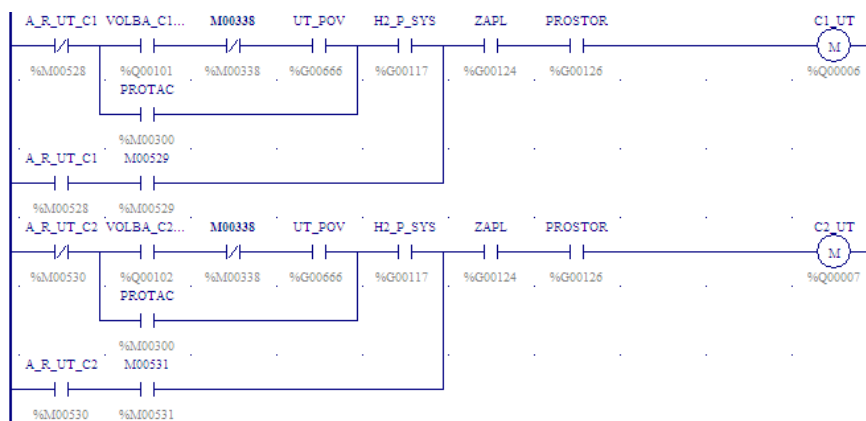
Obr. 9.20 Pověly pro pohon okruhu ÚT

9.5. Čerpadla ÚT

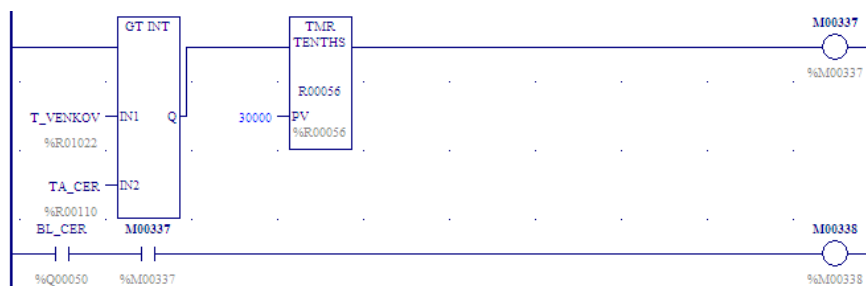
Aby každé ze dvou oběhových čerpadel mohlo rozhánět topnou vodu do systému, musí být splněny určité podmínky. Celý systém dokáže utáhnout jedno čerpadlo, druhé čerpadlo je tzv. stoprocentní záskok. Každé čerpadlo může být v panelu přepnuto do ruky a být ovládáno přímo. Při ručním ovládání se dá obejít havarijní tlak topné vody v systému. Aby mohlo být čerpadlo uvedeno do provozu v automatickém režimu, tak nesmějí nastat tři havarijní stavy. Je to v první řadě havarijní tlak systému. Čerpadla nesmí pracovat na sucho. Další havarijní stavy (zaplavení a přetopení prostoru) chrání celé čerpadlo, protože při zaplavení jsou to právě čerpadla, která jsou prvně zaplavena. Čerpadla by měla pracovat v prostředí, kde je teplota okolí do 45 °C kvůli chlazení. Navíc vysoká teplota v prostoru stanice může také detekovat únik na potrubí.

Na následujících obrázcích je znázorněno řízení a podmínka blokování čerpadel od venkovní teploty. Blokování lze celé vypnout v DataPanelu či nastavit teplotu, od které čerpadla přestanou rozhánět topnou vodu. Teplota je defaultně nastavena na 19 °C.

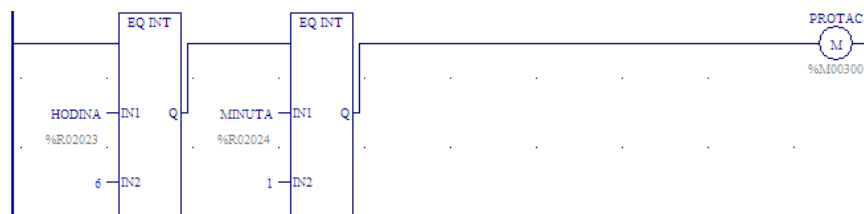
Čerpadla jsou chráněna proti zatumnutí v období, kdy je okruh vypnut (G666) tím, že se pravidelně na minutu spustí. Dochází k tzv. protáčení čerpadel.



Obr. 9.21 Ovládaní čerpadel ÚT



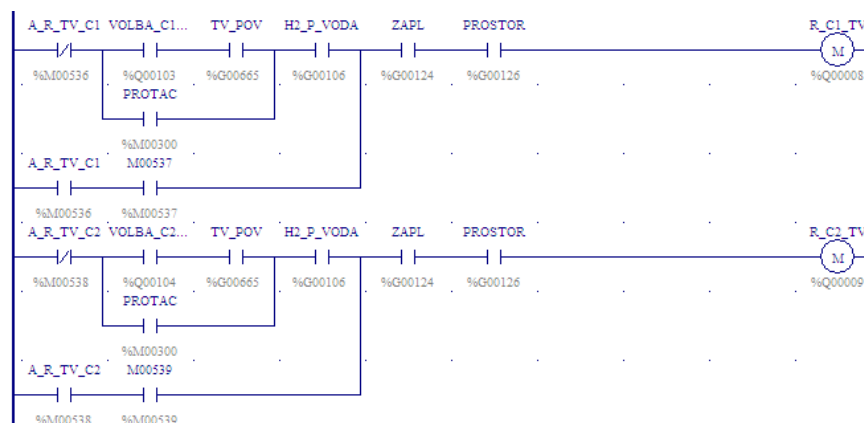
9.22 Blokování čerpadel od venkovní teploty



Obr. 9.23 Protáčení čerpadel v ranních hodinách

9.6. Čerpadla TV

Aby mohlo být čerpadlo uvedeno do provozu v automatickém režimu, tak nesmějí nastat tři havarijní stavy. Je to v první řadě havarijní tlak studené vody, která určuje tlak v celém systému TV. Čerpadla nesmí pracovat bez vody. Další havarijní stavy (zaplavení a přetopení prostoru) nelze obejít, mají totiž největší prioritu.



Obr. 9.24 Ovládání čerpadel TV

9.7. Regulace tlaku systému

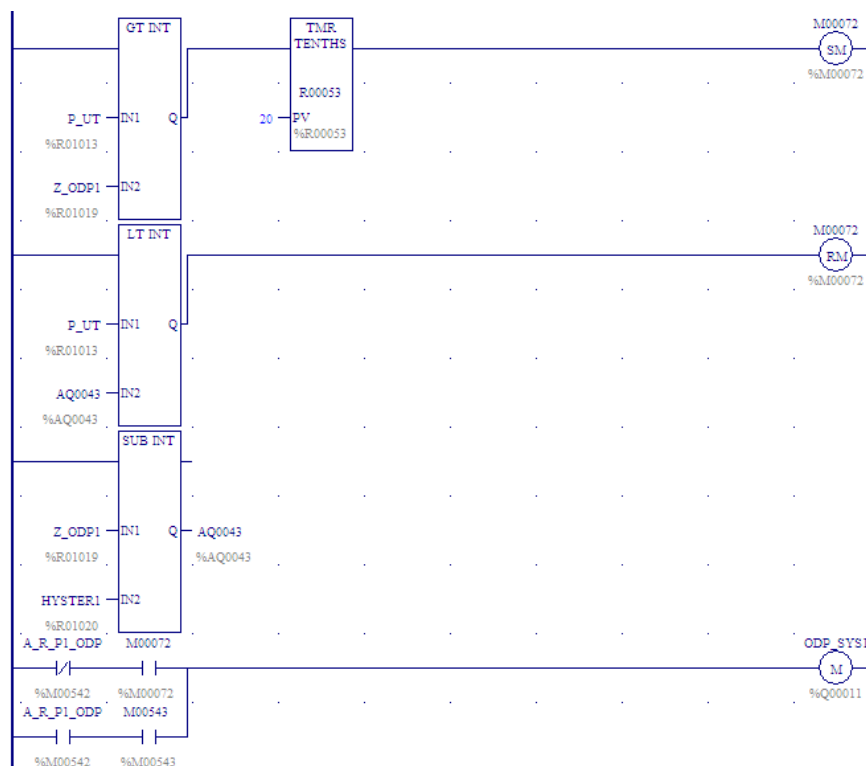
Tlak v systému ÚT se odvíjí od bytových jednotek umístěných v nejvyšších patrech vytápěné oblasti. Takže v nejvyšších patrech musí být tlak minimálně 60 kPa. Bytové jednotky se nacházejí od PS v maximální výšce 34 m. Jakmile připočteme minimální požadovaný tlak pro tyto jednotky, tak vyjde minimální tlak pro systém 400 kPa. Maximální tlak je potom o dalších 60 kPa vyšší. Tlak v systému se proto může pohybovat v rozmezí 400 – 460 kPa. Pokud tlak v systému vybočí z těchto mezí, tak je potřeba zkorigovat pomocí elektromagnetických ventilů, které tlak zvýší nebo sníží.

```

graph LR
    subgraph LadderLogic [Ladder Logic]
        direction TB
        R1["M00071 | #ALW_ON | #ALW_ON"]
        R2["M00073 | BL_DOFL | %AQ0103"]
        TMR["TMR_TENTHS"]
        R00044["R00044"]
        M00073_M["M00073"]
        M00074_M["M00074"]

        R1 --- TMR
        R2 --- TMR
        TMR --- R00044
        TMR --- M00073_M
        TMR --- M00074_M
    end

```

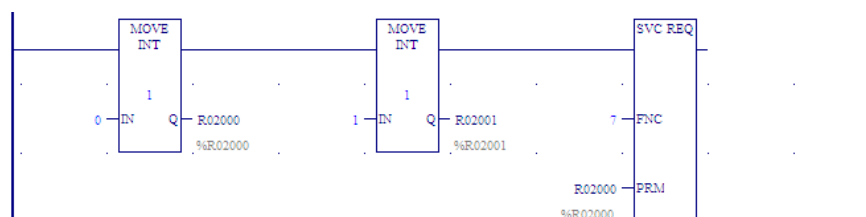



Obr. 9.27 Odpouštění systému

Řízení tlaku v systému je doplněno o havarijní odstavení od nízkého tlaku systému, který je 100 kPa. Minimální hodnotu lze upravovat. Havarijní odstavení od minimálního tlaku je v příloze III.

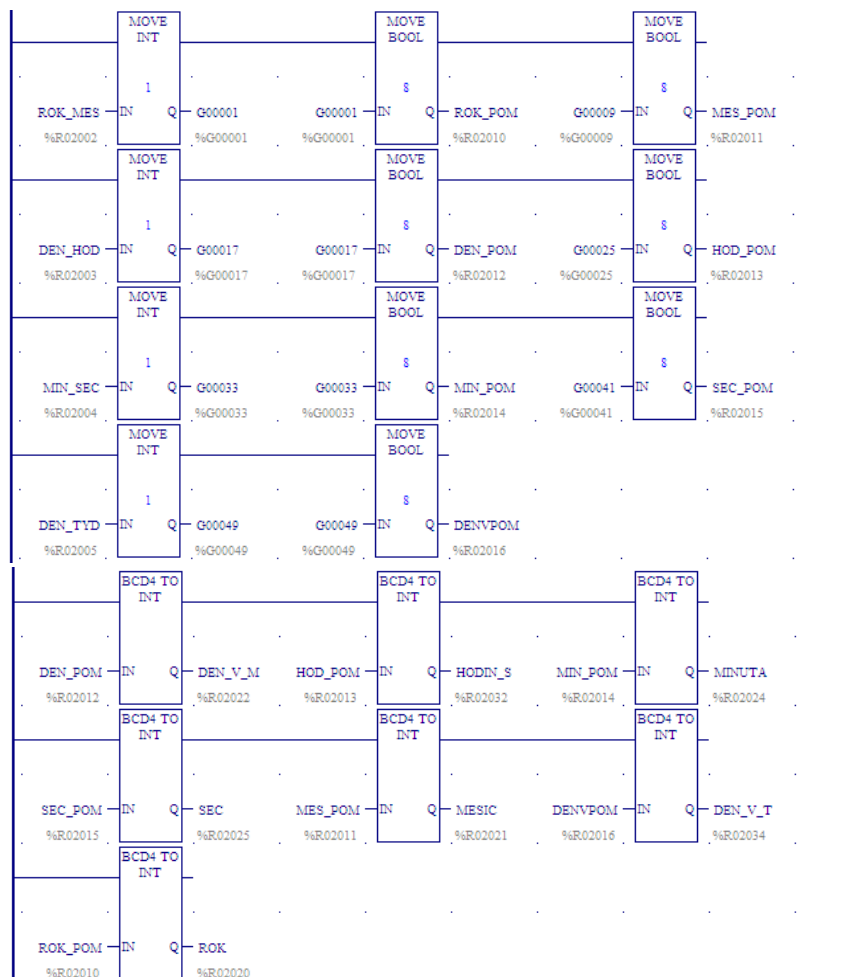
9.8. Čas systému

Kalendář a čas je potřebný k zápisu provozních poruch, hodnot naměřených teplot a pro útlumy. Po povolení v systému se veškeré údaje o systémovém čase přesouvají do registru R2000. Zabírá registry 2000 až 2034. Veškerá data jsou v BCD kódu.



Obr. 9.28 Povolení hodin

Na obrázku Obr. 9.29 je znázorněn postupný převod systémového času. Podrobně je převod popsán v příloze III.



Obr. 9.29 Převod kalendářních dat do srozumitelné formy

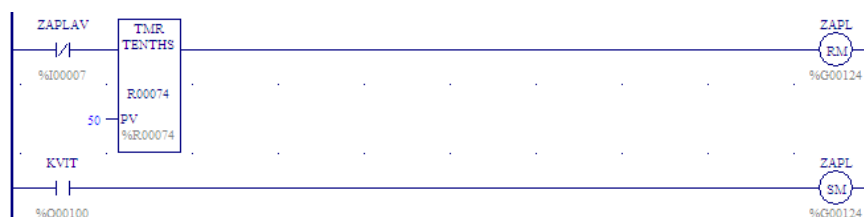
Systém není vybaven autonomním přepínáním mezi letním a zimním časem. Čas, který prezentuje je shodný s časem, který se přenesl při synchronizaci s PC. Synchronizace probíhá při nahrávání řídicího software. A je možné čas upravit na jakýkoliv. Proto se u PS, které se programují v létě, nastavuje čas zimní.

Obrázek Obr. 9.30 zachycuje přepočítání na letní čas. Pokud je číslo současného měsíce větší než 3 a zároveň menší než 10, pak je duben až září. Je-li splněna podmínka, tak se nastaví letní čas přičtením jedné k R2023.

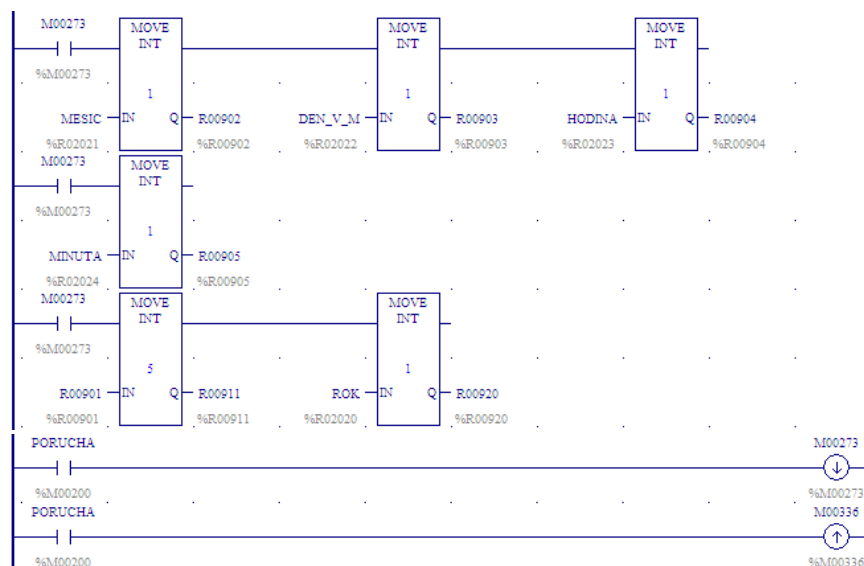


Obr. 9.32 Přiřazování hodnoty k poruchám pro zobrazení v DataPanelu

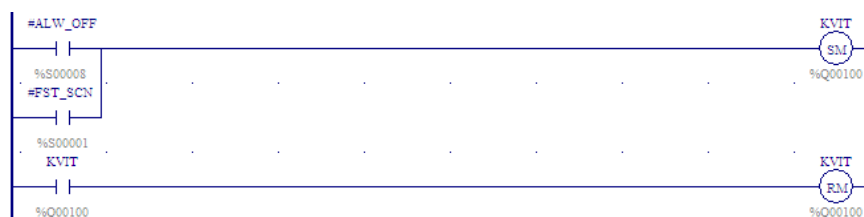
Na obrázku Obr. 9.32 je znázorněna metoda přiřazování hodnot k jednotlivým poruchám, která se v případě poruchy bude zobrazovat v DataPanelu. Některé z 25 poruch jsou vypuštěny. Zaplavení a přetopení prostoru se musí odblokovat ručně, jedná se o nevratné poruchy. Nestačí, aby se stavy vrátily do normálního stavu.



Obr. 9.33 Nevratná porucha zaplavení



Obr. 9.34 Zpracování poruch pro DataPanel



Obr. 9.35 Potvrzení poruchy

10. Přenos dat z GE Fanuc na dispečink

Předávací stanice je neustále monitorována z dispečinku P.T. Komunikace je obousměrná prostřednictvím komunikačního modulu GSM – GPRS. Dispečink má dovoleno spouštět jednotlivé okruhy systému a nastavovat požadované hodnoty či korekce. Modul GSM má porty podporující nespočet protokolů. Avšak je port 1 nastaven na rozhraní RS-232, port 2 na rozhraní RS-485. Pro potřebu přenosu dat ze stanice a do stanice je tedy potřeba protokolů RS-232, RS-485 a sériový I/O port pro detekci vniknutí do stanice.



Obr. 10.1 GSM modem [26]

Komunikační vedení od měřičů tepla jsou v rozvaděči měření a regulace přivedeny na přepětovou ochranu. Komunikační kabely z řídicího systému a od měření jsou taženy společně do vlastní skříně. Měřiče tepla, stejně jako GE Fanuc, komunikují po RS-485. Je proto nutné použít jednoho převodníku, pro převod protokolu RS-485 na RS-232. Osvědčený převodník UC485 - RS-232/RS-485 od firmy *Papouch* poskytuje navíc galvanické oddělení signálů.

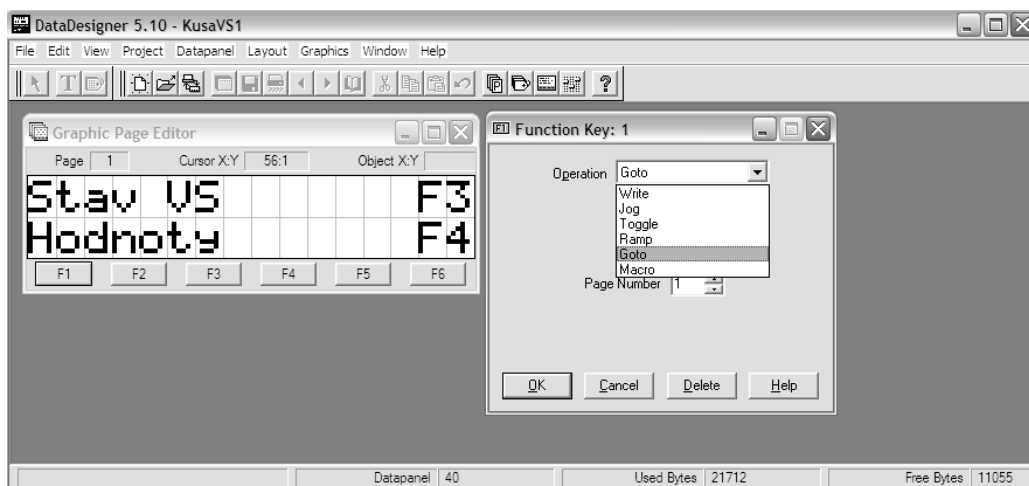


Obr. 10.2 Přebodník UC485 [27]

Schéma zapojení celé komunikační rozvodnice je v příloze IV.

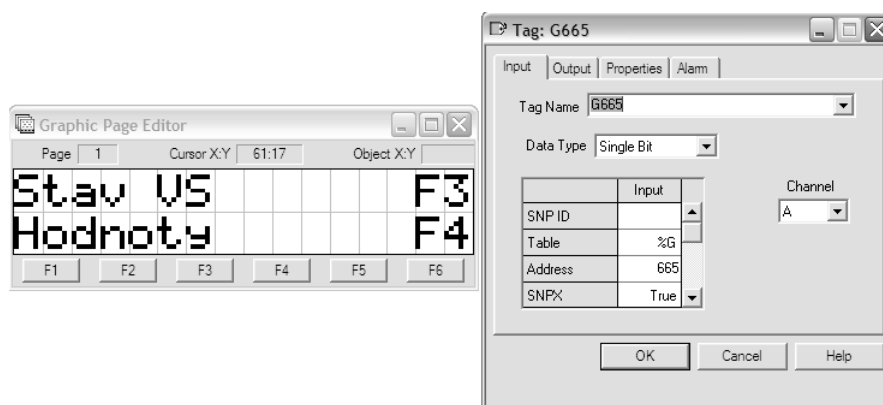
11. DataPanel

Aplikace pro DataPanel byla vytvořena v programu DataDesigner 5.10, který je poskytnut výrobcem přímo k DataPanelu. Pro tvorbu programu není potřeba mít žádné větší znalosti o tomto programu, vše probíhá intuitivní formou. Vývojové prostředí nedovoluje importovat data z databází, vše se musí deklarovat ručně.

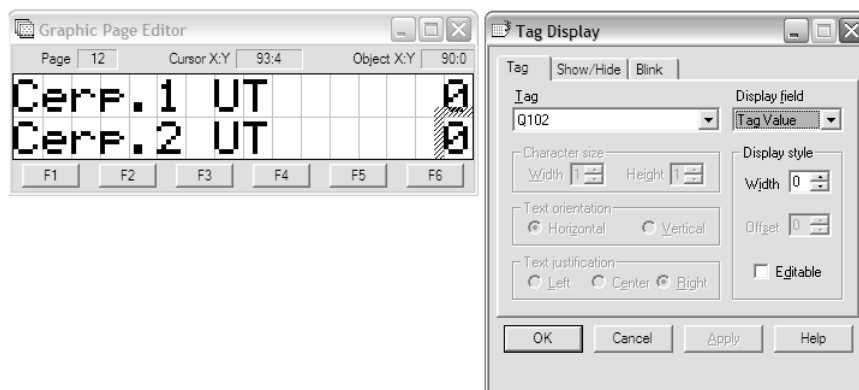


Obr. 11.1 Vývojové prostředí s úvodní obrazovkou aplikace

Všechny proměnné, které se zobrazují nebo jsou za pomoci panelu měněny, musí být deklarovány. Při jejich deklaraci je potřeba u každého znát a zadat adresu registru, typ registru a jeho datový typ. Pokud je nesprávně zadán jakýkoliv z těchto parametrů, tak může dojít kromě nesprávného či žádného zápisu či čtení z registru také ke změně hodnot v registrech přímo následujících v paměťovém prostoru. Konkrétně při změně hodnoty binárního registru, který by nebyl deklarován jako single bit, může při zápisu být v programu ovlivněn celý řetězec následujících registrů. Dochází k tzv. přetečení. Veškerých přetečení je však v programu řídicího systému použito úmyslně.

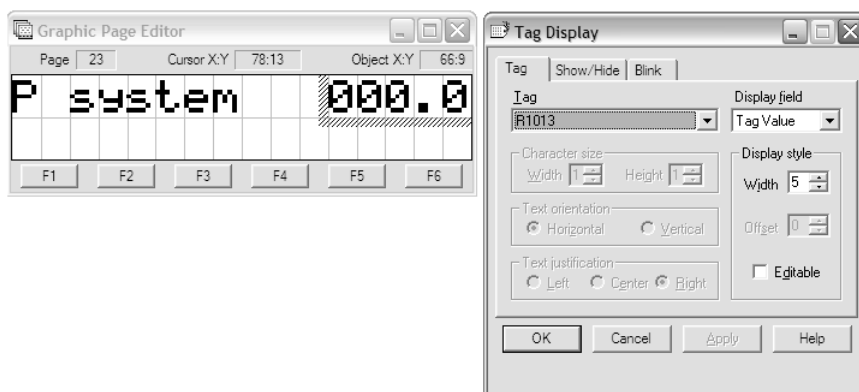


Obr. 11.2 Vytvoření nového Tagu

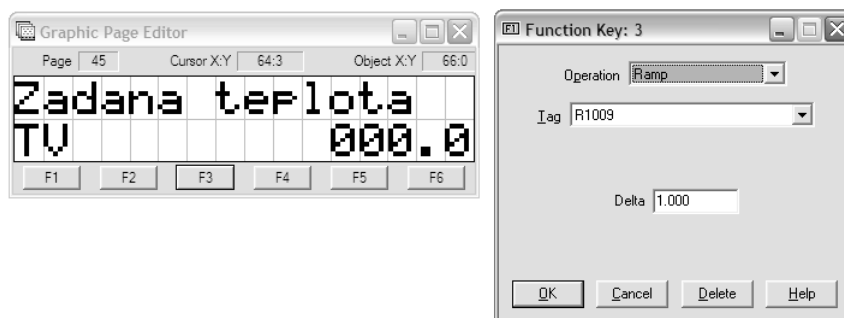


Obr. 11.3 Přiřazení Tagu

Vytvořený text na jakémkoliv místě panelu lze deklarovat jako dynamický. Lze mu přidělit jakoukoliv vlastnost deklarovaného Tagu. Automaticky dojde k nakonfigurování textu v závislosti na použitém Tagu a jeho datovém typu. Jsou vždy zobrazovány a upravovány hodnoty v daném registru. Je také možné pracovat s alarmovou hodnotou registru, popřípadě s jeho deklarovanými limitami.



Obr. 11.4 Zobrazovaná proměnná



Obr. 11.5 Žádaná teplota TV

Pro každou stránku se musí deklarovat funkce kláves. Pro pohyb mezi stránkami slouží funkční klávesy F1 a F2. Při deklarování funkcí těchto kláves je potřeba zvolit funkci Goto a stránku, která se má po zmáčknutí spustit. Klávesy F3 a F4 slouží pro otevírání podoken (použitím funkce Goto) nebo pro změnu hodnot použitím funkce Toggle či Ramp. Toggle funkce slouží pro změnu hodnot binárních proměnných, nahrazuje funkci přepínače. Pro změnu analogových hodnot slouží funkce Ramp, u které se nastavuje pouze velikost kroku. Automaticky je pod jednou klávesou čítání nahoru a pod jinou je čítání dolů. Funkční klávesa F5 slouží vždy pro návrat na úvodní obrazovku a klávesa F6 není definována. Slouží pro vstup do nastavení DataPanelu. Všechny proměnné, které se zobrazují nebo mění, musí být nadeklarované v databázi Tagů. Při vložení tagu je potřeba zvolit hodnotu tagu a délku, na kolik pozic bude hodnota zobrazována. Celý řetězec návaznosti obrazovek je v příloze VI.



Obr. 11.6 Operátorský panel přímo ve stanici

Závěr

První část práce se zabývá problematikou stanovení teplotních výkonů pro bytovou oblast činící 456 bytových jednotek. Teplotní výkon pro ohřívače u TV je s rezervou stanoven na **800 kW**, pro ÚT je hodnota teplotního výkonu stanovena na **2520 kW** s celkovou rezervou **155 kW**.

Projekt řeší v části měření a regulace autonomní regulaci ohřevu vody ústředního topení ÚT a autonomní regulaci teplé vody TV. Dále udržování tlaku systému ÚT dopouštěním a odpouštěním, přípravu elektroinstalace pro teploměrné zařízení a havarijní odstavení PS.

PS obsahuje jeden samostatně regulovaný okruh TV a jeden samostatně regulovaný okruh ÚT, dle ekvitermní křivky. Prostřednictvím terminálu je obsluze dovoleno sledovat a měnit všechny parametry a datové body, zobrazovat alarmová hlášení a nastavovat útlumové režimy. Veškeré jistící a ovládací prvky jsou umístěny v rozvaděči RM1 společně s Řídicím systémem. Programová výbava PLC obsahuje mj. funkce reálného času, ekvitermní regulaci ÚT, PD regulaci ohřevu ÚT a TV, časové funkce a útlumové režimy (denní) volitelné uživatelem z terminálu. Z terminálu je dále možné sledovat a ovládat chod čerpadel, ventilů, sledovat vstupní hodnoty a upravovat parametry. Na terminálu je možno zobrazit aktuální popřípadě poslední alarmy. Vstup do terminálu není chráněn heslem, stanice není běžně přístupná. Požadavky na programové funkce mohou být v budoucnu upřesněny správcem PS. PLC je dále připravena na dálkový přenos dat, způsob přenosu byl upřesněn v době zavádění komunikací. Použitý modem bezproblémově obousměrně komunikuje s řídicím systémem, navíc posílá data o stavu měřičů tepla ve stanici a informuje o vstupu do stanice.

Technické řešení měření a regulace ohřevu TV a ÚT je zpracováno dle zásad a standardů Pražské teplárenské a.s. Projekt dodržuje vyhlášku 151/2001Sb. Ministerstva průmyslu a obchodu a související normy ČSN 06 0830 a ČSN 06 0310. Navržený řídicí systém PS je Fanuc VersaMax s přídatným modulem. Pohony regulačních ventilů jsou elektrohydraulické pohony Siemens s řídicími signály 230V AC. Pro poruchové a havarijní signály jsou navrženy regulátory teploty ZPA-ÚL, havarijní tlaky jsou snímány převodníky BD Sensory a regulátory tlaku ZPA-ÚL. Rozvaděč RM1 je navržen jako nástěnná oceloplechová rozvodnice s rozměry 800 x 800 x 250 mm s krytím IP 54. Rozvaděč je zapojený dle výkresové části a je umístěn v prostoru stanice. V rozvaděči bylo třeba označit základní prvky výstroje (jistice, stykače, vypínač apod.) popisky dle projektové dokumentace ne přímo na prvky, ale na lišty nebo plech vedle či nad prvky.

Ochrana před úrazem elektrickým proudem je navržena v souladu s ČSN 33 2000-4-41 normou. Jako ochrana před nebezpečným dotykem živých a neživých částí je navržena automatickým odpojením od zdroje, zvýšená o doplňkové pospojení a dále malým napětím PELV, které platí pro napětí 24V AC, DC. Rozvaděč je spojen s uzemňovací soustavou objektu vodičem CY 6 mm². Všechny přístroje jsou voleny v krytí, které odpovídá vnějším vlivům. Všechny prostory jsou dle platné normy ČSN 33 2000-3 uvažované jako normální.

Regulace teploty TV je prováděna regulačním ventilem SKB 32.51 na vstupu primární vody do výměníku. Reguluje se podle teplotního snímače umístěného na jeho výstupu. Stanovená teplota regulace je 55°C. Cirkulační čerpadlo je v chodu při zapnuté regulaci. Při vypnutí regulace TV nebo havarijním stavu dojde k uzavření regulačního ventilu a vypnutí cirkulačního čerpadla. Při havarijním stavu přehřátí TV zůstává čerpadlo v chodu.

Regulace teploty ÚT je prováděna regulačním ventilem SKC32.51 na vstupu primární vody do výměníku. Řídicí systém reguluje pomocí PD funkce průtok primární vody deskovým výměníkem.

Teplotním snímačem je snímána venkovní teplota, na základě které je systém přepočítává dle zadaných parametrů v ekvitemní křivku. Řídicí systém vypočítá podle ekvitemní křivky požadovanou teplotu topné vody. Do regulace je implementována i korekce teploty, kterou může dispečink měnit požadovanou teplotu v rozmezí 0 – 12 °C. Skutečnou teplotu topné vody měří teplotním snímačem na výstupu z výměníku. Při vypnutí regulace ÚT nebo havarijním stavu dojde k uzavření regulačního ventilu a vypnutí cirkulačního čerpadla, při havarijním stavu přehřátí ÚT cirkulační čerpadlo zůstává v chodu.

Tlakovým snímačem je snímán tlak v systému ÚT. Při poklesu tlaku pod nastavenou hladinu se otevře doplňovací solenoidový ventil, přičemž se začne dopouštět do systému voda. Po vzestupu tlaku nad nastavenou hodnotu se doplňovací solenoidový ventil uzavře. V případě dopouštění delšího než je zadaný interval, dopouštění se přeruší a je hlášena porucha systému. Obnovení se provede až po potvrzení obsluhou. Při vzestupu tlaku nad nastavenou hodnotu otvírá odpouštěcí solenoidový ventil. Při poklesu pod zadanou hodnotu odpouštěcí solenoidový ventil zavírá.

Řídicí systém řídí chod čerpadel ÚT a TV. Čerpadla ÚT jsou dvě, každé s regulací výkonu dle nastavené difference tlaku. Při běžném provozu bude v chodu čerpadlo C1, čerpadlo C2 bude v záskokovém režimu. Volení chodu čerpadel je možné přes terminál. Čerpadla TV jsou taktéž dvě. Čerpadlo TV řídí regulační algoritmus okruhu TV. Volba čerpadel je možná přes terminál.

Měření spotřeby tepla pro ohřev okruhu ÚT a TV je provedeno elektronickými měřiči tepla s teploměry a ultrazvukovými průtokoměry. V rozvaděči je pro každé měřidlo nainstalován samostatný jistič a vývody z těchto jističů jsou nataženy a ukončeny v přechodové krabici v blízkosti měřidel.

Řídicí systém vyhodnocuje stav řízení a funkci komponent. Jestliže dojde v celém systému k specifikované chybě, je o této skutečnosti informován dispečink Pražské teplárenské a.s. Jestliže se jedná o nezávažnou chybu tak se systém pokusí o napravení chyby (např. kompenzace tlaku v systému či teplota mimo povolený rozsah). Jsou však v systému poruchy, které jsou definované jako havarijní:

1. Ztráta elektrického napětí
2. Přehřátí regulovaného okruhu TV nad 65°C
3. Minimální tlak systému TV (50-100kPa)
4. Přehřátí regulovaného okruhu ÚT nad 95°C
5. Nízký tlak v okruhu ÚT (50-100kPa)
6. Překročení nastaveného času dopouštění.

Dále jsou v systému havarijní stavy s nejvyšší prioritou. Jestliže k ní dojde, uvede se stanice do bezpečného stavu a odpojí se a čeká na příjezd obsluhy, která vyhodnotí příčinu poruchy a po jejím odstranění uvede systém prostřednictvím terminálu do provozu. Jedná se o havarijní stavy:

1. Zaplavení PS
2. Přehřátí prostoru PS nad 45 °C

Celý systém a elektroinstalace byla řádně zkontrolována a zrevidována, systém byl prohlášen za bezpečný a schopen provozu. Stanice pracuje bez jakýchkoliv problémů od listopadu 2009.

Použitá literatura

- [1] JELÍNEK, V. *Příprava teplé užitkové vody - zásady návrhu* [online]. 2003 [cit. 2009-10-16]. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=1485>>.
- [2] LOS, M, HODER, K. *TEPELNÁ POHODA: podklad pro účtování nákladů za teplo* [online]. 2005 [cit. 2009-10-16]. Dostupný z WWW: <http://www.lomex.cz/tepelna_pohoda.htm>.
- [3] *Teplo* [online]. 2009 [cit. 2009-10-16]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Teplo>>.
- [4] JELÍNEK, V. *Navrhování úsporného ohřevu teplé vody*. Praha: GAS s.r.o., 2007. ISBN 9788073281373. s. 164.
- [5] *Sbírka zákonů: VYHLÁŠKA 194*. [s.l.] : [s.n.], 2007. §7, s. 2409-2410.
- [6] *Měřiče tepla* [online]. 2008-2009 [cit. 2009-10-16]. Dostupný z WWW: <<http://www.kvtopenarska.cz/topeni/merice-tepla>>.
- [7] ČSN 06 0320. *Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 20 p.
- [8] ČSN 75 5455. *Výpočet vnitřních vodovodů*. Praha: Český normalizační institut, 2007. 52 p.
- [9] JELÍNEK, V. *Průtokový ohřev TUV - zásady návrhu* [online]. 2003 [cit. 2009-10-16]. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=1504>>.
- [10] KOZIOREK, Jiří, CHROMČÁK, Libor. *Logické systémy řízení: Učební text, příklady pro cvičení*. VŠB - Technická univerzita Ostrava : [s.n.], 2007. ISBN 978-80-248-1490-2. s. 314.
- [11] *GE intelligent platforms* [online]. 2008 [cit. 2009-10-16]. Dostupný z WWW: <<http://www.ge-ip.com/>>.
- [12] MRÁZEK, Karel, HORÁKOVÁ, Alena. *Výpočetní postup pro EA a energetický průkaz pro budovy v části vytápění a ohřevu teplé vody podle EN*. Stavebně technický ústav - Energetika budov a.s. : [s.n.], 2006. s. 191.

- [13] *Siemens Building Technologies* [online]. 2008 [cit. 2010-03-13]. SKD. Dostupné z WWW: <[http://www.siemens.cz/siemjetstorage/files/49803_N4561C\\$SKD...\\$.pdf](http://www.siemens.cz/siemjetstorage/files/49803_N4561C$SKD...$.pdf)>.
- [14] DIN 32730. *Bezpečnostní funkce*. [s.l.] : [s.n.], 1993.
- [15] *Siemens* [online]. 2008 [cit. 2010-01-13]. Siemens Heating Ventilation. Dostupné z WWW: <<http://www.siemens.nl>>.
- [16] *ENERGO NOVA* [online]. 2004 [cit. 2010-01-13]. 61126 regulátor tlaku kapilárový. Dostupné z WWW: <http://www.energonova.cz/katalog/regularory/611_26.htm>.
- [17] *ZPA EKOREG Ústí nad Labem* [online]. 2010 [cit. 2010-01-13]. Měření a regulace teploty, měření a regulace tlaku. Dostupné z WWW: <<http://www.zpaul.cz>>.
- [18] *REGMET* [online]. 2008 [cit. 2010-01-13]. Snímače hladiny (zaplavení). Dostupné z WWW: <<http://www.regmet.cz/download/kataloglisty/sz.pdf>>.
- [19] *REGMET* [online]. 2008 [cit. 2010-03-13]. Rychlé snímače do jímky a klimatizace. Dostupné z WWW: <<http://www.regmet.cz/download/kataloglisty/pf.pdf>>.
- [20] *BD SENSORS* [online]. 2010 [cit. 2010-01-13]. Průmyslový snímač tlaku. Dostupné z WWW: <http://www.bdsensors.cz/products/pressure/industry/cat_1>.
- [21] *REGMET* [online]. 2010 [cit. 2010-01-16]. Převodník na lištu s frekvenčním výstupem typ RF1. Dostupné z WWW: <<http://www.regmet.cz/download/kataloglisty/rf.pdf>>.
- [22] *Danfoss* [online]. 2010 [cit. 2010-01-16]. Tepelná technika. Dostupné z WWW: <<http://cz.danfoss.com/>>.
- [23] *GE intelligent Platforms* [online]. 2010 [cit. 2010-02-13]. Mico 28. Dostupné z WWW: <<http://www.ge-ip.com/products/3007>>.
- [24] *GE intelligent Platforms* [online]. 2010 [cit. 2010-02-13]. IC200UEX011. Dostupné z WWW: <<http://www.ge-ip.com/products/3053>>.
- [25] *GE FANUC* [online]. 2010 [cit. 2010-02-13]. DataPanel Ordering Guide. Dostupné z WWW: <http://www.gexproautomation.com/documents/Visualization/DataPanel/DataPanel_Ordering_Guide_GFA-283.pdf>

- [26] *CONEL* [online]. 2010 [cit. 2010-02-13]. CGU 04 FM komunikační modul GSM-GPRS. Dostupné z WWW: <http://www.ok1mjo.com/all/conel/cgu04_2005-11-30.pdf>.
- [27] *Papouch* [online]. 2010 [cit. 2010-02-13]. UC485 - převodník RS232 na RS485/RS422. Dostupné z WWW: <http://www.papouch.com/shop/scripts/_pic.asp?obr=1185>.
- [28] ČSN 06 0310. *Tepelné soustavy v budovách : Projektování a montáž*. [s.l.] : [s.n.], 1998. 20 s.
- [29] ČSN 06 0830. *Tepelné soustavy v budovách : Zabezpečovací zařízení*. [s.l.] : [s.n.], 2006. 20 s.
- [30] ČSN 33 2000-3. *Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 3 : Stanovení základních charakteristik*. [s.l.] : [s.n.], 1995. 56 s.
- [31] ČSN 33 2000-4-41. *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41 : Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem*. [s.l.] : [s.n.], 2007. 52 s.

Seznam příloh

PŘÍLOHA I.	TECHNOLOGICKÉ SCHÉMA STANICE
PŘÍLOHA II.	SCHÉMA PROJEKTU
PŘÍLOHA III.	POPSANÁ ŘÍDICÍ APLIKACE
PŘÍLOHA IV.	SCHÉMA ZAPOJENÍ KOMUNIKACE
PŘÍLOHA V.	SOUPIS VLASTNOSTÍ A POŽADOVANÝCH REG. APLIKACE
PŘÍLOHA VI.	SCHÉMA OBRAZOVEK DATAPANELU
PŘÍLOHA VII.	PORUCHY
PŘÍLOHA VIII.	TOS
PŘÍLOHA IX.	ELEKTRONICKÁ PŘÍLOHA NA CD-R